tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 40 - nr. 6 - 1975

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Electronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, Leidschendam. Gironummer 94746 t.n.v.
Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt ƒ 40,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De examens door het Genootschap ingesteld en afgenomen zijn:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur NERG"
b. op middelbaar technisch niveau:"Middelbaar Elektronica Technicus NERG"
c. voor het oude examen "Elektronica Technicus NERG" kan volgens de beeindigingsregeling nog slechts tot en met 1975 worden ingeschreven.

Brochures waarin de exameneisen en het examenreglement zijn opgenomen kunnen schriftelijk worden aangevraagd bij de Administratie van de Examencommissie.

Voor deelname en inlichtingen wende men zich tot de Administratie van de Examencommissie NERG, Genemuidenstraat 279, den Haag, gironummer 6322 te den Haag.

HET VLP SYSTEEM

of gedrukte beweging

Dr. P. Kramer

Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

An introduction is given to the VLP system, an optical video disc system. The arguments for the optical approach are mainly based on handability and versatility.

It appears that the VLP disc is easier to handle than the well known audio L.P. record. The system cannot only be used for normal replay of video programs but offers a variety of possibilities to "play" with video information.

De verspreiding van videoinformatie is tot nu toe voornamelijk een zender-ontvanger procedure. Hoe groot het succes van de televisie ook is, het kan niet ontkend worden dat deze wijze van verspreiding enige bezwaren heeft. De kijker moet afwachten welke programma's worden uitgezonden en wanneer. Zijn persoonlijke invloed op de keuze is zeer gering. Dit in tegenstelling tot andere informatie- en/of verstrooiingsmedia als krant, boek en grammofoonplaat, die op goedkope wijze vermenigvuldigd en verspreid kunnen worden. De vraag ligt voor de hand, hoe men videoinformatie op analoge wijze zou kunnen behandelen d.w.z. bestaat er een informatiedrager waarvan een videoprogramma van voldoende lengte met voldoende kwaliteit kan worden uitgelezen, waarvan de hanteerbaarheid zo groot is dat hij zich gemakkelijk laat verspreiden en niet beschadigd wordt bij normaal gebruik en waarvan de prijs zo laag kan worden gehouden dat een doorbraak naar massale verspreiding mogelijk is?

Wij zijn er bij de ontwikkeling van het VLP systeem, waarbij VLP staat voor Video Long Play, van uitgegaan dat een optische uitleesmethode de hoogste informatiedichtheid toeliet en enig rekenen liet zien dat een video programma van 30 minuten kon worden opgeborgen op en vervolgens optisch kon worden uitgelezen van één zijde van een plaat zo groot als een L.P. grammofoonplaat. Het bleek bovendien dat de microscopische precisie van een grammofoonplaat, op de gebruikelijke wijze geproduceerd, voldoende was voor de exactheid nodig voor de kleine details van het videospoor. Dit gaf perspectieven voor een goedkope vermenigvuldigingstechniek. De optische methode bood echter meer voordelen: de uitlezing kon geschieden zonder dat de uitleessensor contact hoefde te maken met de informatie, sterker nog men kon de informatie beschermen met een doorzichtige beschermlaag die de hantering van de plaat nog gemakkelijker maakte dan van een grammofoonplaat.

De contactloze uitlezing maakte het tevens de moeite waard, te denken aan methodes om stilstaande beelden voor lange tijd weer te geven zonder daarbij de informatie te beschadigen. De optische methode leek zo gunstig dat ze verder werd uitgewerkt en gerealiseerd. De resultaten zullen in de volgende argikelen verder worden uitgewerkt.

Het oppervlak van de VLP plaat ziet er, gezien door de electronenmicroscoop, uit zoals afgebeeld in figuur 1. Er is een spiraalvormig spoor met een spoed van 1.6 µm, bestaande uit kuiltjes van gelijke diepte (0.1 µm), gelijke breedte (0.6 µm) en variërend in lengte en onderlinge afstand.

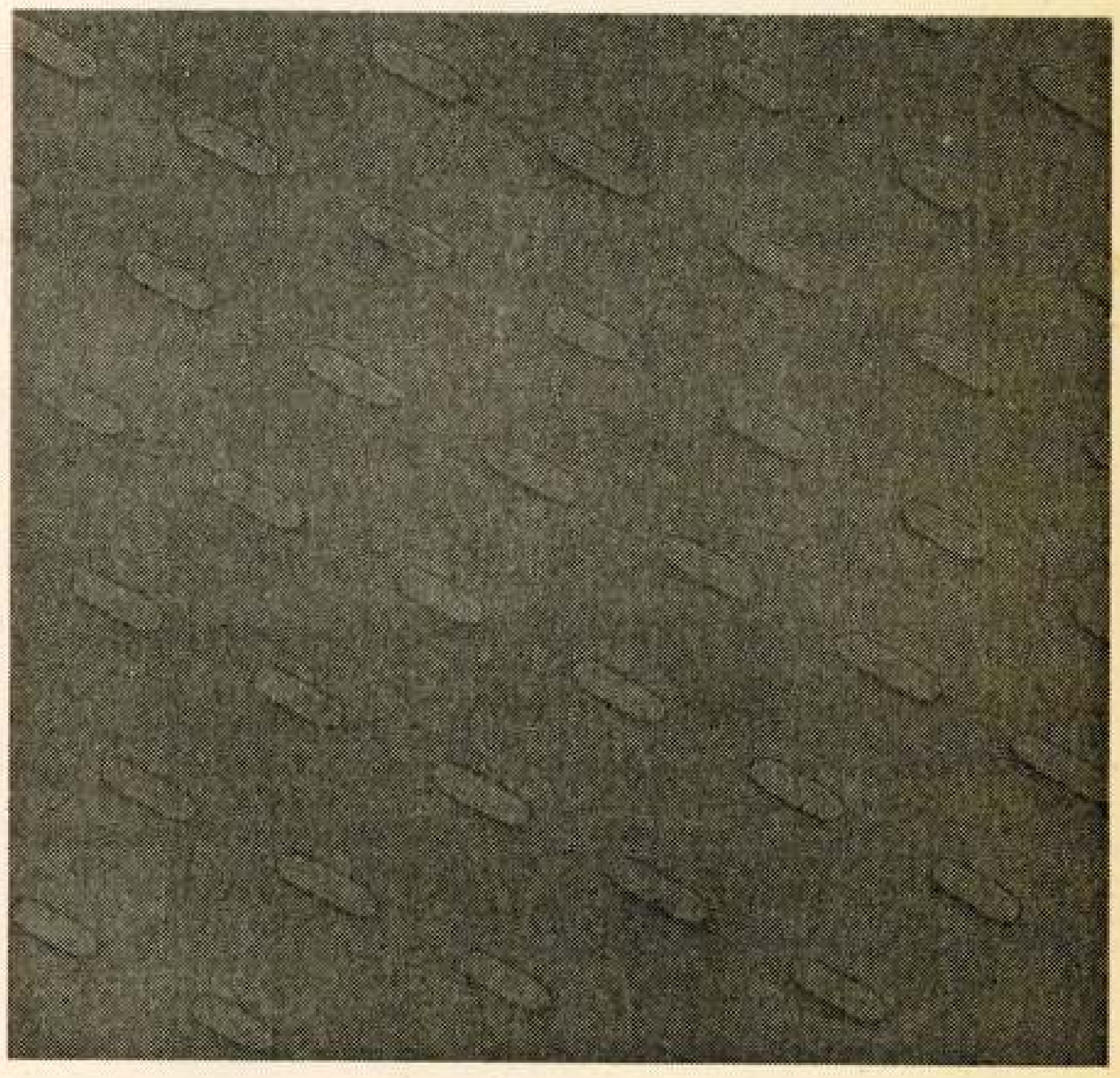


Fig. 1. Het kuiltjespatroon.

Deze plaat wordt op een speler gelegd, en gedraaid met een snelheid van 1500 toeren/min (althans in Europa en alle "50 Hz landen"). Het principe van de speler is weergegeven in figuur 2. Het licht van een HeNe

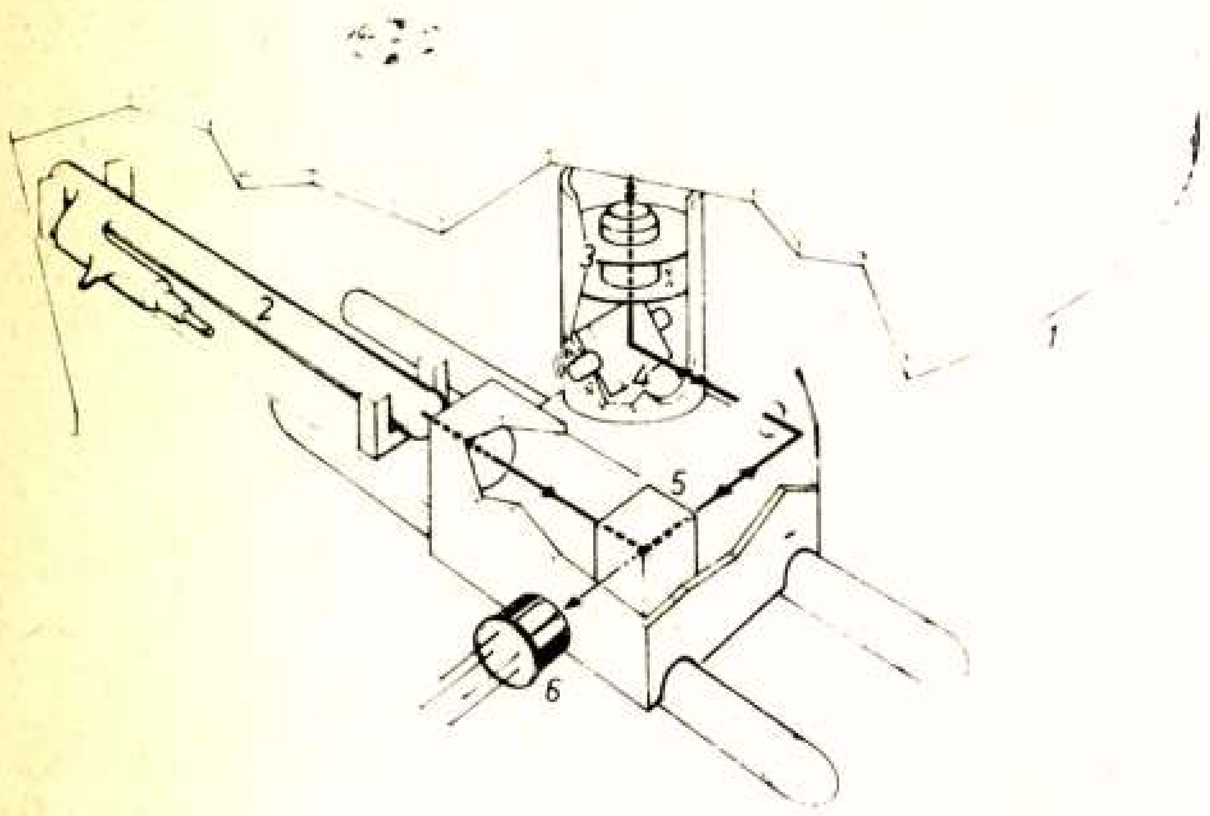


Fig. 2. Schematisch overzicht speler
1. plaat
2. HeNe laser
3. objectief dat verticaal kan bewegen
4. kantelspiegel
5. deelprisma
6. detector

laser wordt via enkele spiegels gevoerd naar een microscoopobjectief dat de bundel op het informatieoppervlak convergeert tot een vlek van ongeveer 1 µm diameter. Het oppervlak is spiegelend gemaakt door een dunne metaallaag en reflecteert de bundel, die het objectief in omgekeerde richting doorloopt en vervolgens naar een fotodiode wordt geleid.

Treft het lichtvlekje op de plaat een kuiltje dan treedt buiging van het licht op en de gereflecteerde bundel valt voor een gedeelte buiten het objectief en belandt dus niet op de detector. Als nu het spoor gevolgd wordt door het lichtvlekje, dan ontstaat aan de detectoruitgang een signaal overeenkomend met de geometrische structuur van het spoor, waarin de informatie vervat is.

We moeten er voor zorgen dat het lichtvlekje het midden van het spoor blijft volgen en dat de diameter van het lichtvlekje niet groter wordt, bijvoorbeeld doordat de afstand van het informatie oppervlak tot het objectief verandert. Het is duidelijk dat de hiervoor benodigde sub-micron precisie niet kan worden ontleend aan de in massa geproduceerde dragers noch aan de speler. De speler moet corrigeren voor de verwachte afwijkingen van centrering, rondheid, vlakheid etc. We kozen servotechnieken en wel omdat we er grote betrouwbaarheid van verwachtten, omdat ze ons vrijheid gaven in de specificaties van de drager en de speler en omdat ze een tweetal extra voordelen boden, die we graag willen vermelden.

Als we eenmaal in staat zijn een lichtvlek in het spoor te houden bij de draaisnelheden, waarmee we hier te doen hebben is het ook mogelijk in zeer korte tijd de lichtvlek te laten springen van het ene op het andere spoor.

Doen we dit 25 keer per seconde, dus elke omwenteling, dan ontstaat een stilstaand beeld als we naar het vorige spoor terugspringen en een 2x versneld beeld als we "vooruitspringen" (figuur 3).

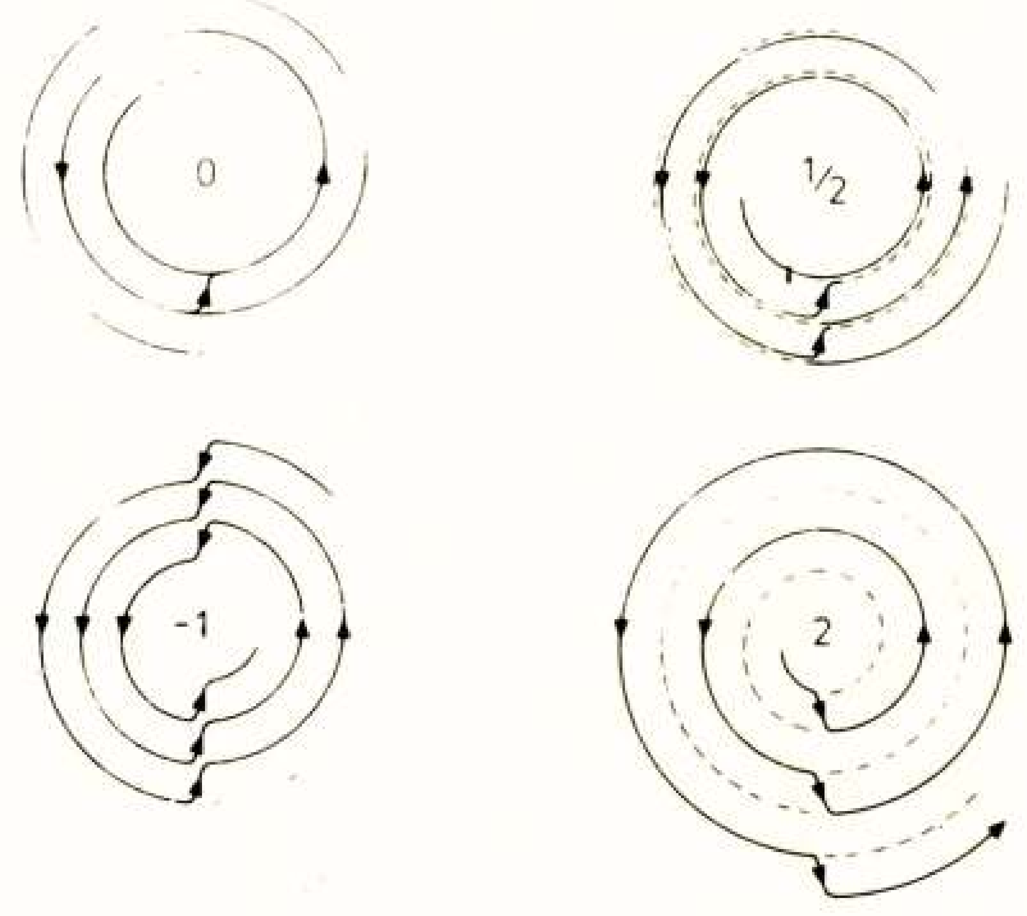


Fig. 3. Schematische voorstelling "trucs"
0 representeert de normale wijze van afspelen
1/2 geeft aan hoe men de scene met halve snelheid kan waarnemen
bij -1 en 2 neemt men een omgekeerde resp. versnelde beweging waar.

Doen we dit minder vaak dan 25 keer per seconde dan ontstaat een vertraagd beeld.

Het is dus mogelijk te "spelen" met de informatie, hetgeen verschillende interessante toepassingen mogelijk maakt.

De servo voor het focusseren van de bundel heeft een meetsignaal dat de optische weglengte meet van het objectief tot de informatielaag. Behalve voor onvlakheid kunnen we ook corrige-

ren voor diktevariaties van een beschermlaag.

Dat wil zeggen: ook de beschermlaag kan met ruime toleranties en dus in massa worden gemaakt. In feite gebruiken we de plaat zelf als beschermlaag door de informatie dóór de (doorzichtige) plaat uit te lezen.

Bij een beschrijving van het systeem behoort nog een vermelding van de methode om de drager te maken. Zoals gezegd wordt de drager op analoge wijze gemaakt als een normale grammofoonplaat. De matrijs wordt afgeleid van een "master" die "gesneden" wordt met behulp van een laserbundel die in intensiteit wordt gemoduleerd in het ritme van de aangeboden informatie. De laserbundel schrijft een spoor in een laag fotogevoelige lak, die aangebracht is op een glasplaat. Na ontwikkeling vertoont de laklaag de gevraagde structuur die galvanisch kan worden overgenomen op de persmatrijs.

De laserbundel heeft zo'n grote intensiteit, dat de masterplaat bij het "snijden" met hetzelfde toerental ronddraait als de geperste plaat tijdens het uitlezen. Er kan in "real time" worden geschreven, hetgeen de aanbieding van videosignaal eenvoudig maakt.

Bij de ontwikkeling van dit systeem hebben we geprobeerd dit nieuwe medium zo veel mogelijk goede eigenschappen mee te geven. In de volgende artikelen wordt daar nog wat dieper op ingegaan.

We zijn er van overtuigd dat dit medium zo'n belangrijke rol kan spelen zowel in de huiskamers als in het professionele vlak, dat een serieuze behandeling van dit onderwerp gerechtvaardigd is.

Voordracht gehouden 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

HET OPTISCHE UITLEESSYSTEEM

Dr.Ir. C.H.F. Velzel
Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

We describe the optical read-out system of the VLP player. We show that the wavelength of the laser source, the numerical aperture of the read-out objective, the diameter of the disc and its frequency of rotation determine the parameters of interest: the playing time and the bandwidth and modulation depth of the video signal. With the existing system we can have a playing time of about 30 minutes and a bandwidth of 15 MHz. At 8 MHz the modulation depth is better than 25%.

1. INLEIDING

Een schema van de uitleesoptiek in een VLP speler is gegeven in fig. 1.

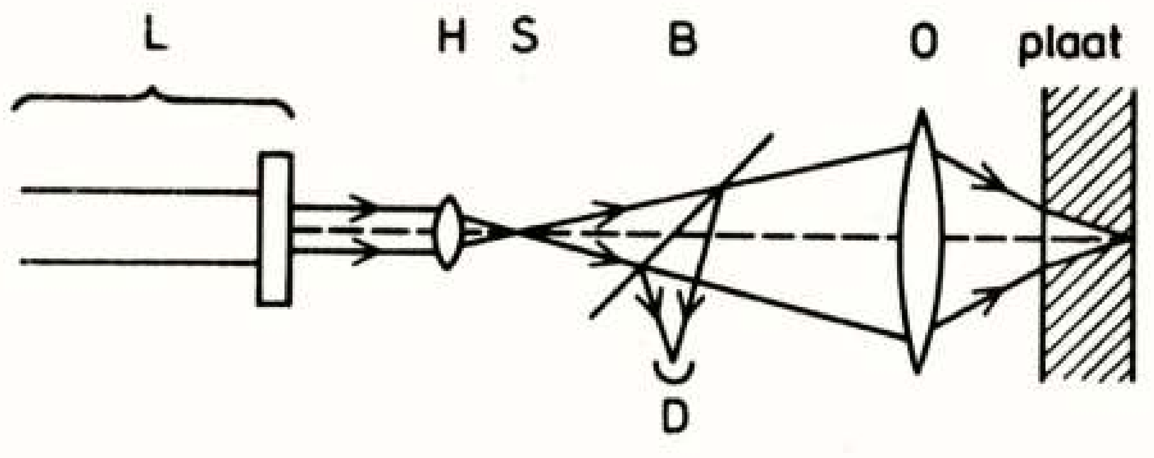


Fig. 1. Schema van de uitleesoptiek van de VLP-speler. Voor de verklaring van de letters zie de tekst.

De lichtbundel afkomstig van een laser L wordt door een hulplens H gefocusseerd in het punt S. De lichtverdeling in S wordt door het objectief O 20x verkleind afgebeeld op de van het objectief afgekeerde zijde van de plaat, waarop de informatie is opgeslagen. Deze kant van de plaat is van een reflecterende laag voorzien, waarover weer een beschermende laklaag is aangebracht.

Uitlezen door de plaat heen heeft het voordeel dat de informatie van beide kanten beschermd is. Krassen of stof op de plaat hebben een veel geringere uitwerking op de kwaliteit van de uitgelezen beelden dan wanneer de informatie op de naar het objectief toegekeerde kant van de plaat zou zijn aangebracht. De dikte van de geperste plaat is ongeveer 1 mm; de doorsnede van de bundel aan de kant van het objectief is van dezelfde orde van grootte zodat krassen en stofjes in de meeste gevallen slechts een klein deel van de bundel onderscheppen.

Het videosignaal is op de plaat vastgelegd in de vorm van een spiraalvormig spoor waarlangs zich kuiltjes van vaste diepte en breedte en variabele lengte en onderlinge afstand bevinden. Het laserlicht wordt aan deze kuiltjes verstrooid. Een deel van het verstrooide licht valt in de pupil van het objectief O en via de deelspiegel B op de detector D. Wanneer de gefocusseerde bundel geen kuiltje treft wordt het gereflecteerde licht in zijn geheel door de pupil opgevangen. Treft de bundel wel een kuiltje, dan valt een gedeelte van het gereflecteerde licht buiten de pupil. Het detectorsignaal bij aanwezigheid van een kuiltje is dus kleiner dan wanneer er geen kuiltje door de bundel wordt getroffen.

De plaat draait rond met een frequentie van 25 Hz of 1500 toeren/min. Het uitleessysteem, inclusief de laser, wordt met eenparige snelheid in radiële richting gevoerd, zodat het per omwenteling juist een periode van het spiraalvormige informatiespoor is opgeschoven. Op deze wijze wordt het opgeslagen videosignaal gereproduceerd.

Voor een zo groot mogelijke dichtheid van de informatie op de plaat moet de uitleesvlek zo klein mogelijk worden gemaakt. Omdat een gefocusseerde laserbundel een optimale benadering geeft van een lichtsterke puntbron is een laser de aangewezen lichtbron voor dit systeem. Alle conventionele lichtbronnen schieten in helderheid tekort. De gebruikte He-Ne laser heeft een vermogen

van ongeveer 1 mW. De transmissie van het optisch systeem blijkt in de praktijk ongeveer 10% te zijn zodat het gemiddelde detectorsignaal iets kleiner dan 100 µW is.

2. MOGELIJKHEDEN VAN HET SYSTEEM

De belangrijkste grootheden die de prestaties van een systeem voor opslag van beeldinformatie karakteriseren zijn het aantal beelden en het aantal beeldelementen per beeld. Aangezien we bij video-informatie een vast aantal beelden per seconde en een vast aantal lijnen per beeld hebben mogen we als karakteristieke parameters in dit geval nemen de speelduur en de bandbreedte van het vastgelegde signaal.

We zullen in het vervolg aantonen dat beide bepaald worden door de golflengte van de laser en de openingshoek u van het uitleesobjectief. Vaste gegevens bij de berekeningen zijn: de diameter van de plaat (30 cm) en de draaifrequentie (25 Hz).

De halfwaarde-breedte ρ van de uitleesvlek is gegeven door

$$\rho = \frac{0.61\,\lambda}{\sin u} \qquad (1)$$

wanneer de pupil van het objectief een cirkelvormige begrenzing heeft en uniform met licht gevuld is.

De gebruikte He-Ne gaslaser heeft een golflengte λ= 0.63 µm. Met een numerieke apertuur sin u = 0.4 krijgen we een halfwaarde-breedte van ongeveer 1 µm. Deze numerieke apertuur is gekozen op grond van een compromis tussen scherptediepte en informatiedichtheid.

Het zal duidelijk zijn dat de afstand tussen de informatiesporen wat groter moet zijn dan de halfwaarde-breedte van de uitleesvlek, omdat anders overspraak tussen de sporen gaat optreden. Het blijkt in de praktijk dat een spoorafstand d van ongeveer 1.7 µm in dit opzicht voldoet. De speelduur T is nu gegeven door

$$T = \frac{R-r}{d}\cdot\tau \qquad (2)$$

waar R de straal van het buitenste spoor is, r de straal van het binnenste spoor en τ de duur van een omwenteling (1/25 seconde). Met d = 1.7 µm zien we dat voor een speelduur van een half uur een radieel interval van ongeveer 75 mm nodig is. Met R = 150 µm zou r 75 mm moeten bedragen. Het aantal beeldjes op de plaat is dan 45.000. Naast de speelduur interesseert ons ook de bandbreedte. Een eerste schatting hiervoor kan men vinden door te overwegen dat de kuiltjes in de plaat wel niet veel kleiner zullen mogen zijn dan de straal van de buigingsvlek. Met ρ = 1 µm komen we dan tot een kleinste periode van het kuiltjespatroon van ongeveer 1 µm.

De bandbreedte f is bepaald door het produkt van de tangentiële snelheid en de ruimtefrequentie van het kuiltjespatroon. Voor een straal r en een periode p volgt dan

$$f = \frac{2\pi r}{\tau}\cdot\frac{1}{p} \qquad (3)$$

Nemen we als kleinste straal 75 mm en als kleinste periode 1 µm dan volgt een bandbreedte van bijna 12 MHz. Dit is een schatting, we zullen de bandbreedte exact uitrekenen met behulp van de theorie van Abbe. Volgens deze theorie wordt een periodiek voorwerp, verlicht door een bundel met openingshoek u, door een objectief met dezelfde openingshoek afgebeeld met een contrast groter dan nul indien voor de periode geldt

$$p > \frac{\lambda}{2\sin u} \qquad (4)$$

Voor de minimale waarde van p vallen de door het voorwerp afgebogen bundels net niet meer in de pupil van het objectief (zie fig. 2). Uit (4) volgt met λ= 0.63 µm en sin u = 0,4 een kleinste periode van ongeveer 0.8 µm. Wanneer we dit invullen in (3) krijgen we een bandbreedte van 15 MHz voor r = 75 mm. Dit is ruimschoots voldoende voor het weergeven van een PAL televisie signaal met een helderheidsbandbreedte van 3.5 MHz en twee geluidskanalen. Volgens (3) is de bandbreedte evenredig met de straal van het spoor zodat de bandbreedte voor r $>$ 75 mm zeker voldoende is. De spoorafstand en de minimale lengte van de kuiltjes bepalen de speelduur en de bandbreedte. De breedte en diepte van de kuiltjes zijn zo gekozen dat het videosignaal, opgevangen door de detector, maximaal is. We zorgen ervoor dat de breedte zodanig is dat van de stralingsenergie in de gefocusseerde bundel de helft in en de andere helft naast het kuiltje valt wanneer de bundel precies midden op een kuiltje valt. We nemen hierbij aan dat het kuiltje zo lang is dat de buigings-

modulatiediepte van het door de hele pupil opgevangen signaal voor lage frequenties ongeveer 60%. Voor 15 MHz wordt de modulatiediepte op de kleinste straal nul, zoals we hierboven zagen. De gemiddelde frequentie van het videosignaal ligt in de buurt van 8 MHz; de modulatiediepte is voor die frequentie beter dan 25%.

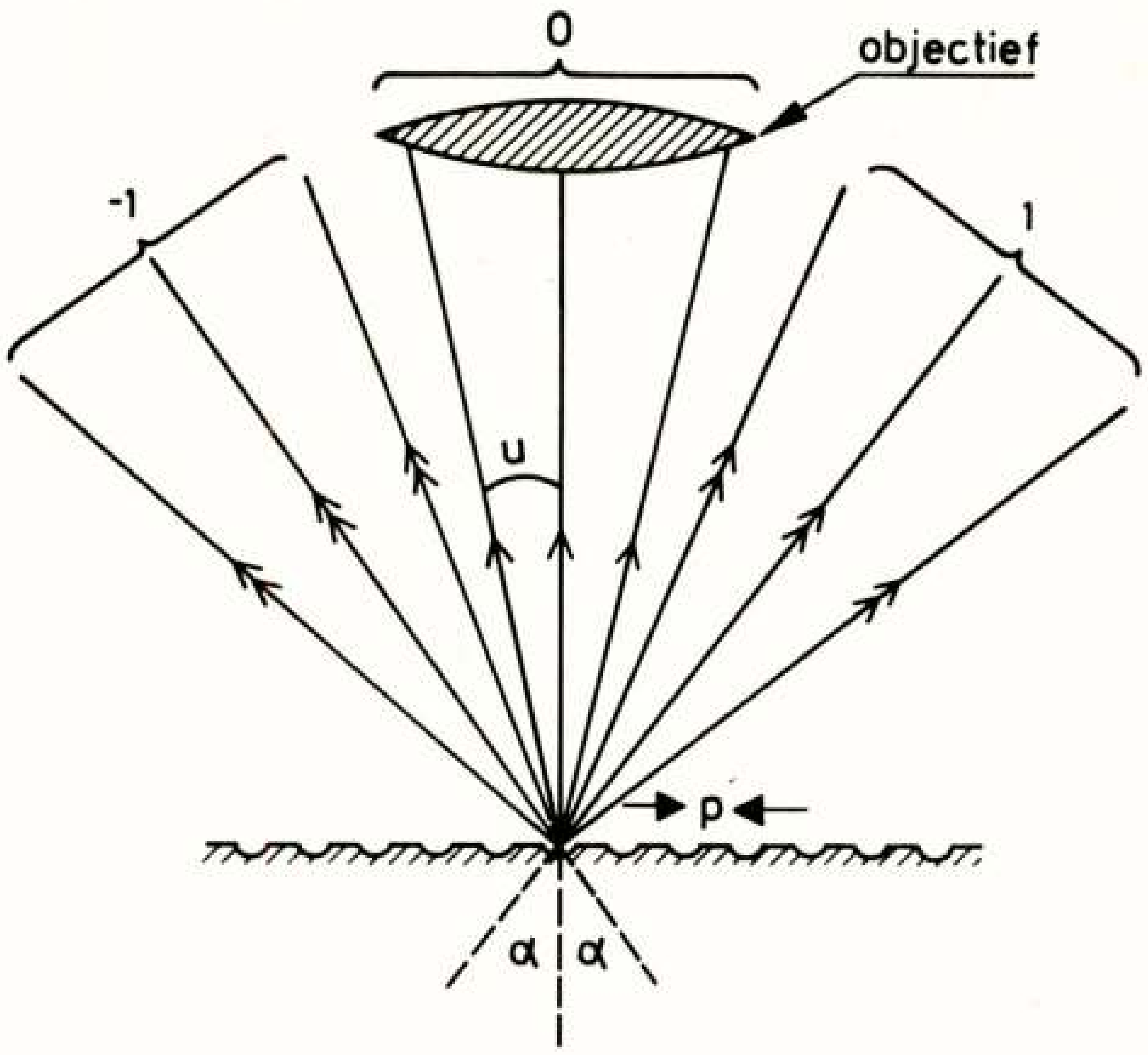


Fig. 2. Buiging aan een periodiek voorwerp. De gefocusseerde bundel die vanuit de pupil van het objectief O (schematisch weergegeven door een enkele lens) op een periodiek voorwerp met periode p valt wordt in de eerste orde afgebogen met een hoek α waarvoor geldt $\sin \alpha = \lambda / p$. Wanneer $\sin \alpha > 2 \sin u$ valt de gehele afgebogen bundel buiten de pupil. Dit geval is in de figuur getekend.

vlek begin en eind ervan niet bedekt; de redenering gaat daarom strikt genomen alleen op voor lage frequenties. Voor de breedte vinden we nu de optimale waarde van ongeveer 0.5 μm. De diepte van het kuiltje wordt gelijk aan $\lambda/4n$ gekozen, waar n de brekingsindex van het materiaal (PVC) van de plaat is. Met $n = 1.6$ en $\lambda = 0.63$ μm vinden we een optimale diepte van 0.1 μm.

Bij deze breedte en diepte bestaat de amplitude van het in de richting van de optische as verstrooide licht uit twee componenten van gelijke sterkte en tegengestelde fase (het wegverschil is 2x de kuiltjesdiepte, dus juist een halve golflengte in het PVC) zodat de intensiteit van de verstrooide golf in deze richting nul is. Voor richtingen die een kleine hoek met de optische as maken is de intensiteit ook nog klein. Voor een numerieke apertuur 0.4 is de

Voordracht gehouden 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

DE SIGNAALVERWERKING

M.R. de Haan
Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

The signal processing, necessary to store a colour video-signal together with two audio channels in the tracks of the video-disc, is described as function of the limitations of the optical recording system, the most important being the amplitude vs. frequency characteristic at play-back and the enhancement of intermodulation products by the distortion of symmetry of the track structure.

De opgave is om een compleet videosignaal tezamen met twee geluidskanalen op de videoplaat te registreren. Deze signalen, waaraan eventueel nog een pilootsignaal wordt toegevoegd, dienen alle in één spoor te worden gecodeerd, waarbij het samengestelde analoge schrijfsignaal bovendien blokvormig moet zijn. Het schrijfsignaal wordt gebruikt om een electro-optische of acousto-optische modulator te schakelen, waarbij in de ene fase de opname-plaat wordt belicht door een laserbundel en in de andere fase niet. Op de belichte plaatsen ontstaan na ontwikkeling van de fotolak kuiltjes.

De eigenschappen van het optische schrijf- en leesproces beperken de mogelijkheden waarop de te registreren signalen gecodeerd kunnen worden. We zullen deze beperkingen bespreken aan de hand van het tot nu toe meest beproefde systeem, waarbij de helderheid- en kleursignalen gescheiden worden behandeld. Een discussie van voor- en nadelen van andere mogelijke overdrachtssystemen, zoals een systeem waarbij helderheid en kleur niet gescheiden worden, valt buiten het kader van dit artikel.

BANDBREEDTE

Een belangrijke factor is de beschikbare bandbreedte. Deze wordt in hoofdzaak bepaald door de numerieke apertuur van het uitleesobjectief en de golflengte van het bij het uitlezen gebruikte licht. Uitgaande van een vaste omwentelingsfrequentie verkrijgen we dan een straal-afhankelijke amplitudekarakteristiek versus frequentie (zie fig. 1). Voor de dimensionering van het overdrachtssysteem is de amplitudekarakteristiek behorend bij de kleinste nog uit te lezen straal maatgevend.

Tegenover het nadeel van een variërende amplitudekarakteristiek staat het voordeel dat de groeplooptijd als functie van de frequentie constant is en gelijk voor alle stralen.

Behalve langzame amplitudevariaties als functie van de straal, kunnen er ook snelle variaties optreden ten gevolge van momentane afwijkingen van de juiste focusafstand en van radiële afwijkingen in de spoorvolging. Evenals bij magnetische band kan daarom het beste gebruik gemaakt worden van frequentiemodulatie voor overdracht van het videosignaal. Bij beschouwing van fig. 1 blijkt dat geschikte draaggolffrequenties gekozen kunnen worden in het gebied van 6 tot 8 MHz. Deze frequenties zijn aan de lage kant om een compleet PAL videosignaal, bestaande uit het helderheidssignaal en de in kwadratuur gemoduleerde hulpdraaggolf op 4.43 MHz, in zijn geheel over te dragen zonder dat daarbij last wordt ondervonden van moiré in het weergegeven beeld, die ontstaat ten gevolge van intermodulatie tussen de verschillende spectrale componenten. Dit is één van de overwegingen om het videosignaal te scheiden in een helderheidssignaal (0-3 MHz) en een chromasignaal (4.43 MHz ± 600 kHz). Twee andere overwegingen om helderheid en kleur apart te behandelen komen voort uit

- de noodzaak om na het uitlezen een correctie uit te voeren op de door tijdbasisfouten veroorzaakte faseafwijkingen in het in kwadratuur gemoduleerde kleursignaal, en
- de mogelijkheid om een vaste frequentierelatie aan te brengen tussen de momentane helderheidsdraaggolf en de van de kleur afkomstige intermodulatiecomponenten die binnen de te demoduleren band van het FM-spectrum liggen.

Op beide punten zal nog nader worden ingegaan.

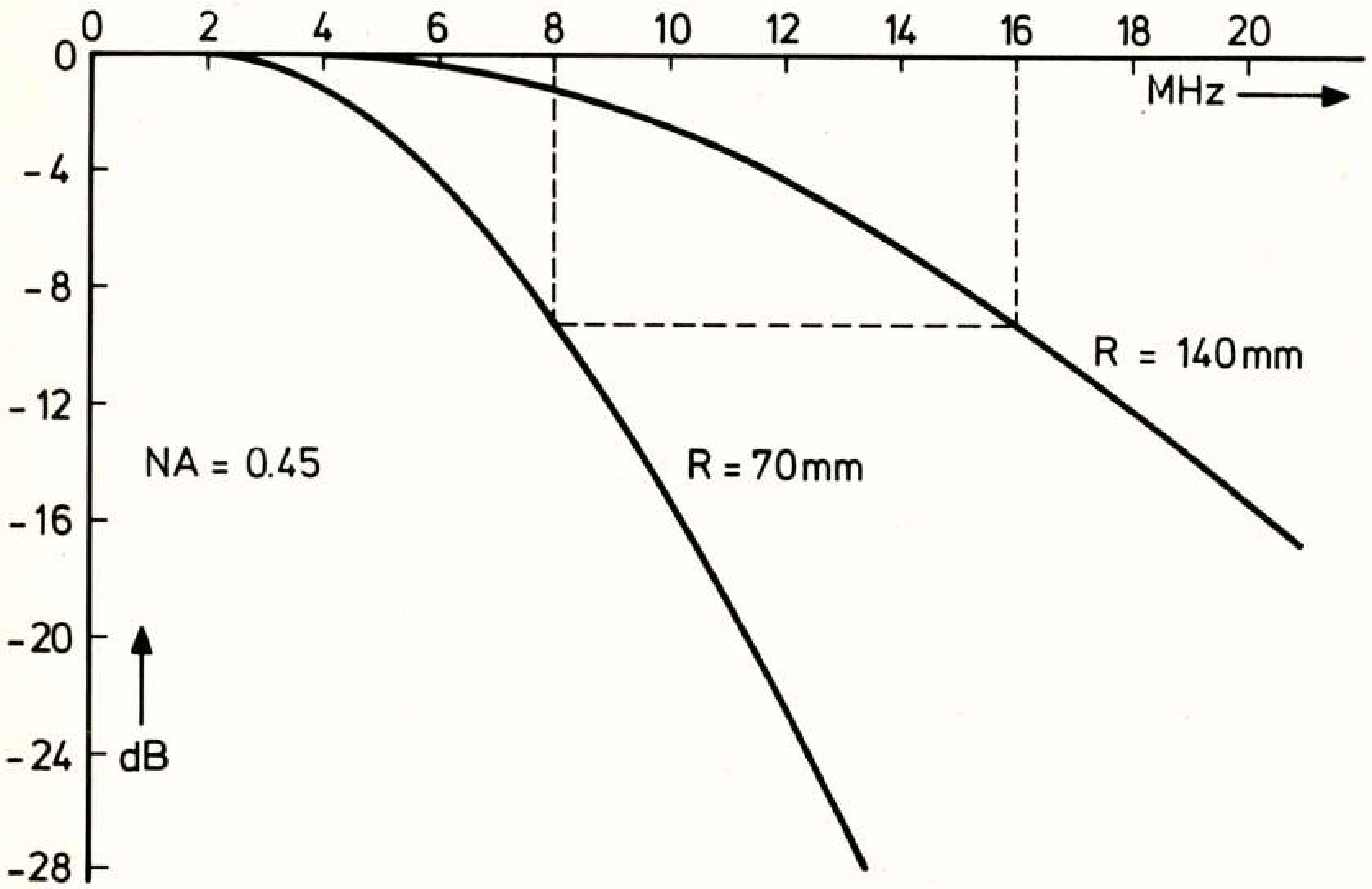


Fig. 1. Amplitude als functie van de frequentie van het uitgelezen signaal behorende bij een numerieke apertuur 0.45 van het objectief en een omwentelingsfrequentie van de plaat van 25 Hz.
Aangezien de tangentiële snelheid van het spoor t.o.v. het objectief afhankelijk is van de straal R van het spoor, behoort bij elke straal een andere amplitudekarakteristiek.

Tijdbasisfouten in het uitgelezen signaal ontstaan ten gevolge van afwijkingen in de tangentiële snelheid van het spoor, b.v. veroorzaakt door de excentriciteit van de draaiingsas t.o.v. het geometrische middelpunt van het spoor.

HET SCHRIJFSIGNAAL

De constructie van het schrijfsignaal is nu als volgt. Een sinusvormige hoofddraaggolf wordt in frequentie gemoduleerd met het afgesplitste helderheidssignaal, waarbij b.v. een zwart-wit zwaai wordt toegepast van 6 naar 7 MHz.

De met beide kleurverschilspanningen (R-Y) en (B-Y) gemoduleerde kleurenhulpdraaggolf op 4.43 MHz wordt naar een lagere frequentie getransponeerd (1.68 MHz) door middel van menging met een vaste hulpfrequentie, die wordt afgeleid uit de kleurendraaggolf-"bursts" en de lijnfrequentie van het binnenkomende videosignaal. Om redenen die hierna duidelijk zullen worden is deze hulpfrequentie een geheel aantal malen de lijnfrequentie F_H gekozen, zodat de speciale kleurdraaggolf de voor PAL specifieke kwart-lijn frequentie-offset behoudt:

$$107.75\ F_H + 25\ \text{Hz} = 1.68361875\ \text{MHz}.$$

Tevens wordt een pilootsignaal afgeleid met een frequentie van 1/3 van de speciale kleurdraaggolf: ca. 560 kHz. Hierna worden de gemoduleerde speciale kleurdraaggolf, het pilootsignaal en twee FM gemoduleerde geluidsdraaggolven in een bepaalde amplitudeverhouding gesommeerd met de FM gemoduleerde helderheidsdraaggolf. Het resulterende spectrum is schematisch weergegeven in fig. 2.

Om dit somsignaal tenslotte geschikt te maken als schrijfsignaal wordt hierop een begrenzende operatie uitgevoerd waarna een tweeniveau signaal resulteert. In feite komt dit neer op een pulsbreedtemodulatie van de hoofddraaggolf met de diverse hulpdraaggolven. De eigenschappen van pulsbreedtemodulatie verdienen enige nadere aandacht.

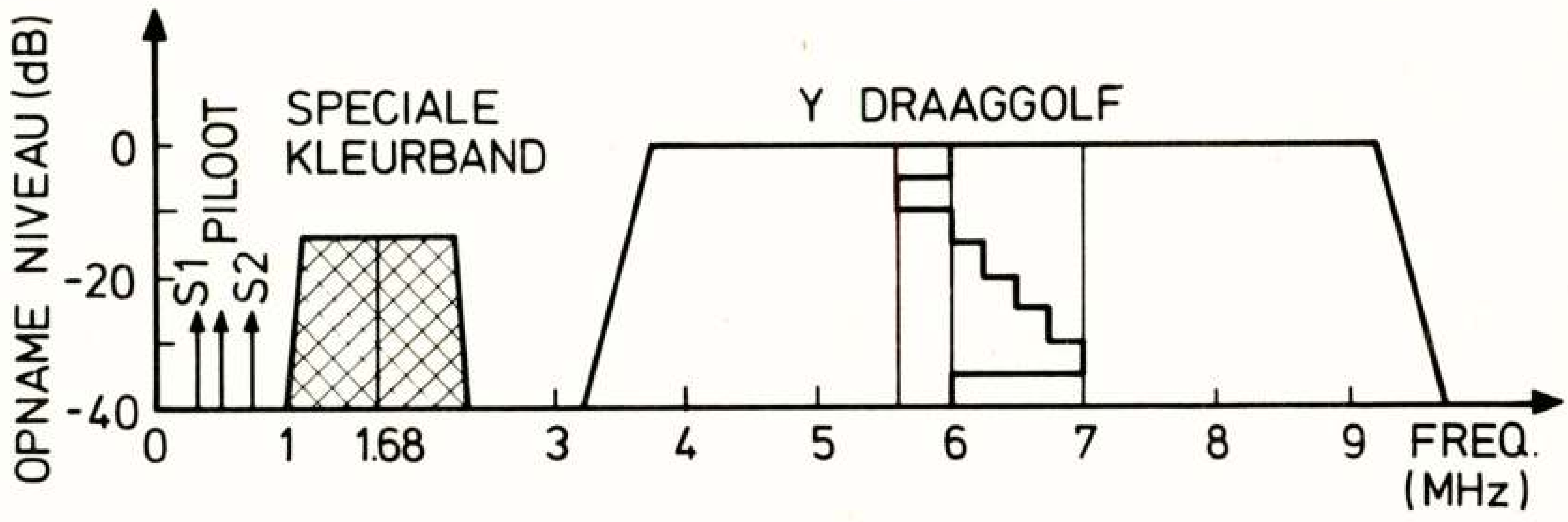


Fig. 2. Spectrum van het opnamesignaal vóór begrenzing, bestaande uit de superpositie van de FM gemoduleerde helderheidsdraaggolf, de speciale kleurband, beide geluidsdraaggolven en het pilootsignaal.

PULSBREEDTE MODULATIE

In fig. 3 is het principe weergegeven voor een hoofddraaggolf van frequentie W_0 en een hulpdraaggolf van frequentie W_1, beide ongemoduleerd. De amplitudes worden resp. gesteld op

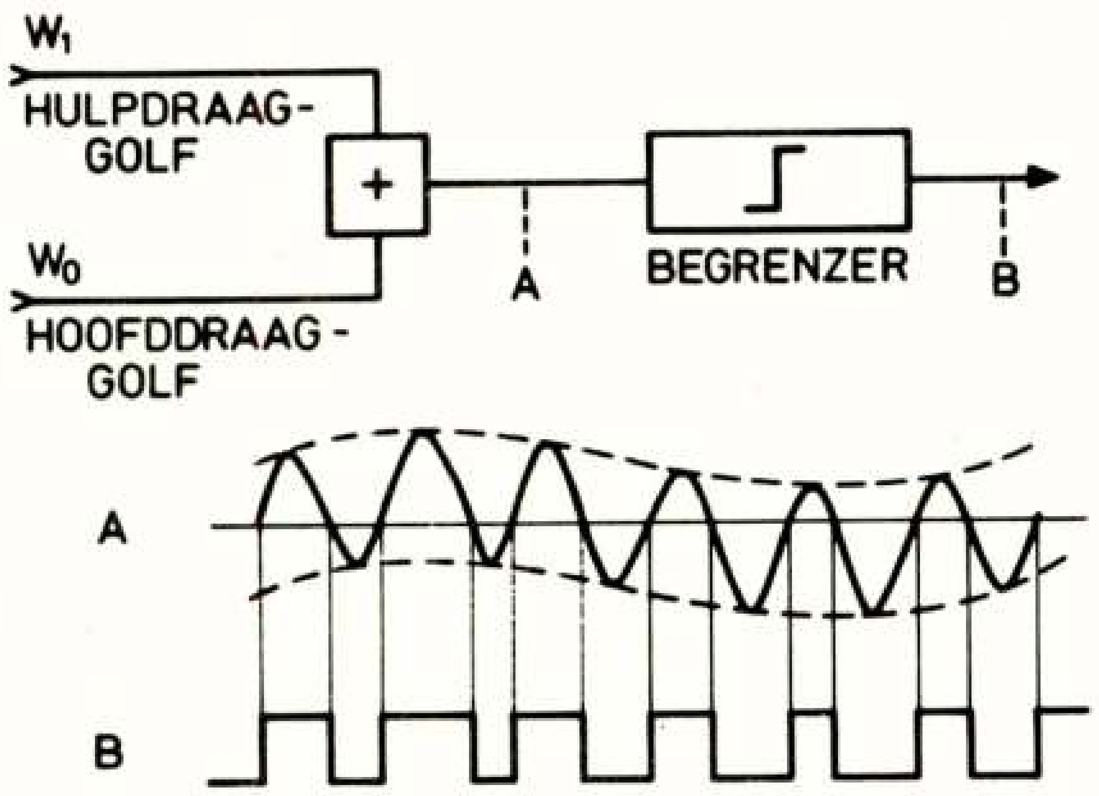


Fig. 3. Principe van de pulsbreedtemodulatie. Het signaal aan de ingang van de begrenzer wordt gegeven door $A(t) = a_0\cos W_0t + a_1\cos W_1t$. De "offset"-spanning x van de begrenzer wordt gegeven door het verschil van de tijdsgemiddelde spanning $\overline{A(t)}$ en het begrenzerniveau.

a_0 en a_1. Onder de voorwaarde dat $a_1 < a_0$ moduleert de hulpdraaggolf de pulsbreedte van de hoofddraaggolf. Een belangrijke parameter is de z.g. "offset" van het begrenzer-niveau ten opzichte van de tijdsgemiddelde gelijkstroomwaarde van het aangeboden signaal A.

Noemen we deze verschilspanning x, dan geeft $x = 0$ en $a_1 = 0$ de situatie weer dat de uitgang B van de begrenzer een zuiver symmetrisch bloksignaal zal geven. Indien $a_1 \neq 0$ zien we dat voor $x = 0$ de gemiddelde duty-cycle van signaal B nog 50% bedraagt. Een handhaving van deze gemiddeld symmetrische signaalvorm door het gehele opname-, vermenigvuldigings- en leesproces heen is niet eenvoudig. Er zijn vele oorzaken aan te wijzen waardoor de geschreven kuiltjes uiteindelijk langer of korter kunnen uitvallen dan bedoeld. Men denke b.v. aan de invloed van de bij het inschrijven gebruikte laserintensiteit, de gevoeligheid van de fotolak en de gebruikte ontwikkelduur. Ook kunnen lengtevariaties optreden in het reproductieproces van geperste platen. Deze in het kuiltjesspoor besloten principiële asymmetrie is een van de karakteristieke verschillen met de registratie op een magnetisch medium waar uitsluitend de richting van de magnetisatie wordt veranderd. De invloed op het uitgelezen signaal van de symmetrie-verstoring van de spoorstructuur kan nu formeel worden opgevat als een verstoring van de "offset"-spanning x van de begrenzer. Het is daarom zinvol aan de hand van de ongemoduleerde draaggolven W_0 en W_1 het spectrum van het uitgangssignaal van de begrenzer te beschouwen als functie van de parameter x.

Berekenen we nu het spectrum van signaal B, als functie van signaal A (fig. 4), dan zien we naast de oorspronkelijke frequentiecomponenten bij W_0 en W_1 een aantal intermodulatieproducten ontstaan, waarvan speciaal de componenten $(W_0 \pm W_1)$ en $(W_0 \pm 2W_1)$ ongewenst zijn. Normeren we de amplitude van de hoofd-

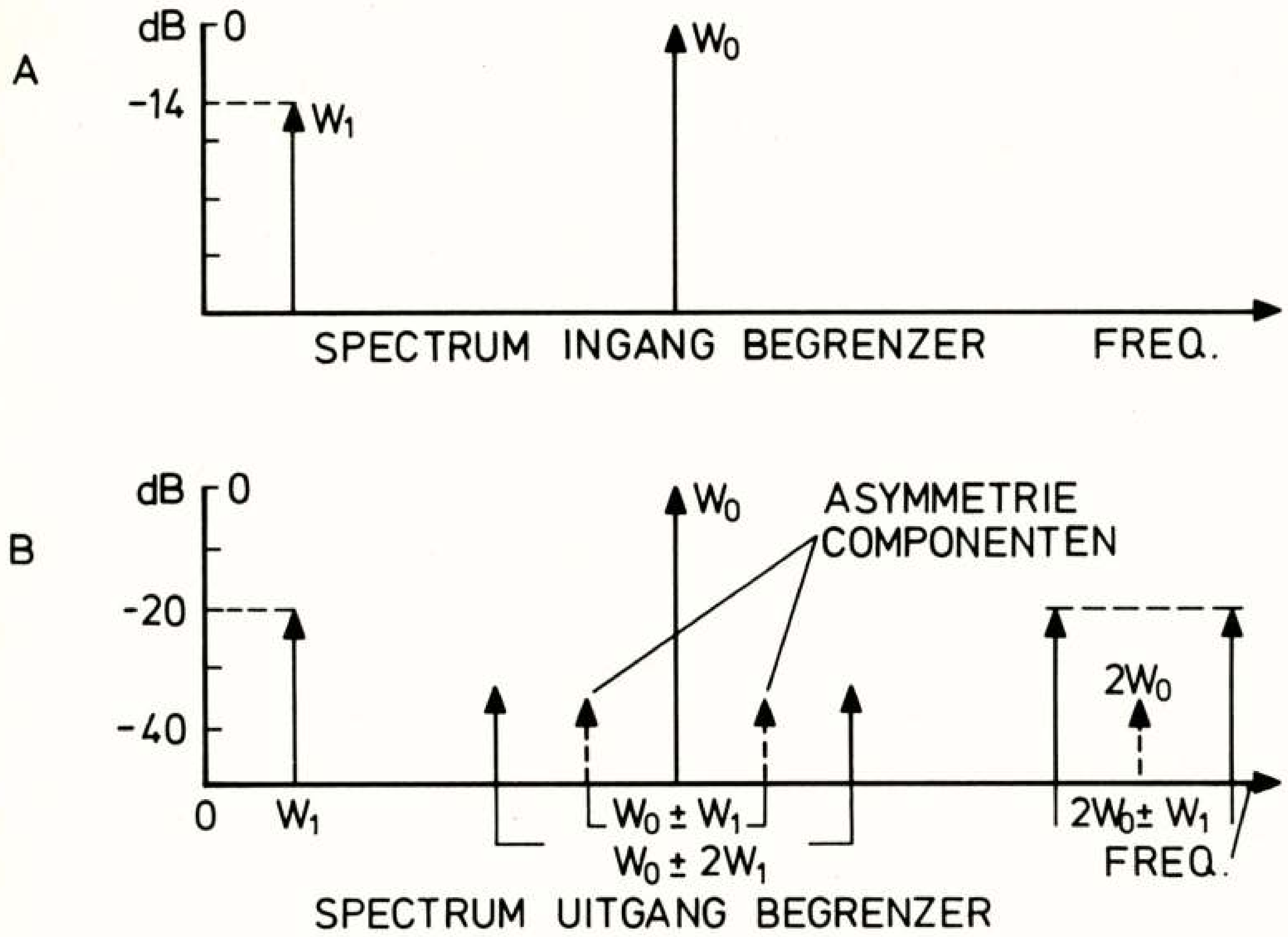


Fig. 4. Spectra van de signalen A(t) en B(t) vóór en na de begrenzer. Zie ook fig. 3. De intermodulatiecomponenten ($W_0 \pm W_1$) zijn sterk afhankelijk van de "offset"-spanning x.

draaggolf op 1 ($a_0 = 1$) dan levert een eerste orde benadering voor de amplitudes van de spectraalcomponenten in signaal B:

frequentiecomp.	amplitude
W_0	$\cos x.\ J_0(a_1) \simeq 1$
W_1	$1/2\ a_1$
$W_0 \pm 2W_1$	$\cos x.\ J_2(a_1)$
$W_0 \pm W_1$	$\sin x.\ J_1(a_1)$

Hieruit is te zien dat de sterkteverhouding tussen hoofd- en hulpdraaggolf met een factor 2 is gereduceerd en dat voor goede symmetrie ($x = 0$) de beide asymmetrie componenten $W_0 \pm W_1$ verdwijnen. De hoofddraaggolf zelf en de componenten $W_0 \pm 2W_1$ zijn rond $x = 0$ slechts zwak afhankelijk van de asymmetrie. De onderlinge faserelatie is zodanig, dat zowel de componenten $W_0 \pm 2W_1$, als $W_0 \pm W_1$ beschouwd kunnen worden als A.M.-zijbanden t.o.v. de hoofddraaggolf W_0.

INTERMODULATIECOMPONENTEN

We bekijken nu nader de invloed van de intermodulatiecomponenten op het gedemoduleerde helderheidssignaal. De wederom gemoduleerd gedachte hoofddraaggolf W_0 wordt daartoe na het uitlezen aangeboden aan een FM demodulator die de voor het helderheidssignaal vereiste bandbreedte bezit. Alleen in het geval dat de paarsgewijze amplitude- en faseverhoudingen van beide groepen componenten ($W_0 \pm W_1$) en ($W_0 \pm 2W_1$) onveranderd arriveren aan de ingang van de FM-demodulator, zullen er geen storende frequenties W_1 en $2W_1$ in het gedemoduleerde signaal optreden. Dit zal in het algemeen niet gelden en wel in eerste instantie vanwege de amplitudekarakteristiek bij het uitlezen van de plaat (fig. 5). In de figuur is tevens de ligging van de verschillende componenten aangegeven in de gevallen dat beide draaggolven W_0 en W_1, ongemoduleerd en gemoduleerd zijn met resp. het helderheids- en kleursignaal.

Een belangrijk punt hierbij is dat de componenten $W_0 \pm W_1$ en $W_0 \pm 2W_1$ steeds eenzelfde frequentieafstand blijven behouden t.o.v. W_0, onafhankelijk van de momentane positie van de hoofddraaggolf als functie van het helderheidsniveau. In het gedemoduleerde signaal zullen twee vaste interferentiefrequenties van 1.68 en 3.36 MHz ontstaan, die in amplitude afhankelijk zijn van de kleurverzadiging. Om de 1.68 MHz verstoring, die evenals het standaard PAL kleursignaal een

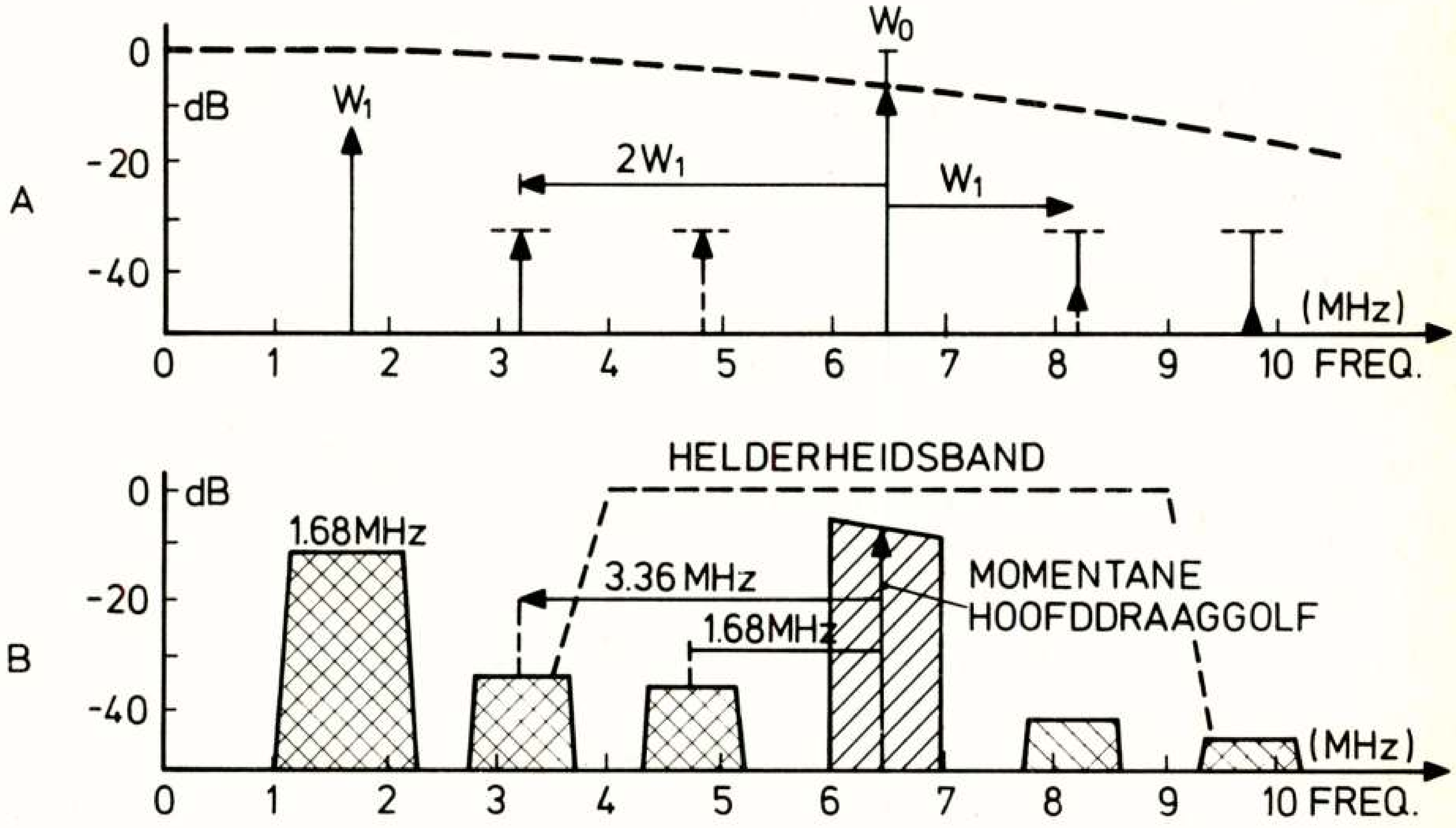


Fig. 5. Ligging van de intermodulatie-componenten in het spectrum van het uitgelezen signaal.
A. Hoofddraaggolf en kleurdraaggolf ongemoduleerd. De stippellijn geeft de amplitude-karakteristiek aan.
B. Gemoduleerde helderheid- en kleurdraaggolven. De binnen de helderheidsband vallende intermodulatiecomponenten $W_0 \pm W_1$ en $W_0 \pm 2W_1$ bezitten een vaste frequentieafstand tot de momentane hoofddraaggolf.

lijnfrequente omschakeling van de (R-Y)-component bevat, voor het oog zo gering mogelijk te maken is een z.g. "kwart-lijn offset" voor de frequentiekeuze van de speciale kleurdraaggolf het beste compromis.

Voor de verstoring van de dubbele frequentie (3.36 MHz) leidt deze keuze tot een halve-lijn offset voor de (B-Y) component van de kleur en geen offset voor de (R-Y) component. Dit betekent dat alleen de (R-Y) component aanleiding zal kunnen geven tot een zichtbare vertikale stoorstructuur van 3.36 MHz op het beeldscherm. Daar staat tegenover dat deze frequentie reeds op het eind van de helderheidsband ligt en door filteren kan worden afgezwakt.

FASEFOUTCORRECTIE

Het blokschema van de weergeefschakelingen (fig. 6) bevat naast de FM-demodulator voor het helderheidssignaal, de circuits nodig voor correctie van het kleursignaal. Laat het speciale kleursignaal na het doorlopen van het 1.68 MHz banddoorlaat filter gegeven zijn door

$$A \cos \quad W_1(t - \Delta t) + \varphi$$

met daarbij

- A de kleurverzadiging
- φ de kleurtint
- Δt de tijdbasisfout van het uitgelezen signaal.

Evenzo kan het pilootsignaal geschreven worden als

$$\cos W_p(t - \Delta t).$$

Na frequentievermenigvuldiging met drie ontstaat het signaal

$$\cos 3W_p(t - \Delta t) = \cos W_1(t - \Delta t)$$

waaruit door vermenigvuldiging met een kristalfrequentie W_x (4.433619 MHz) twee nieuwe hulpfrequenties worden afgeleid:

$$\cos \quad W_1(t - \Delta t) \pm W_x t$$

waartussen gekozen kan worden met behulp van een schakelaar. Na menging van de binnenko-

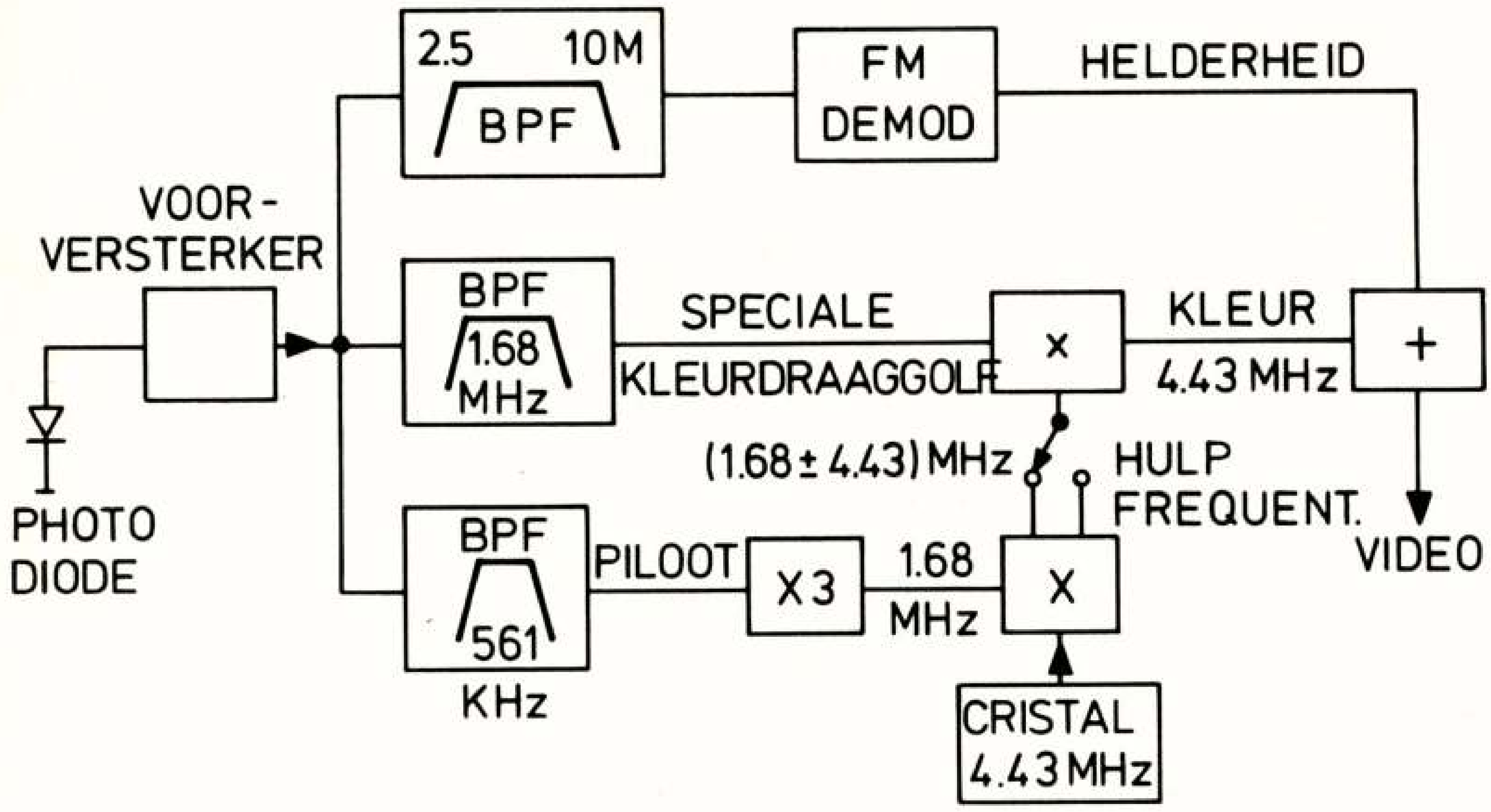


Fig. 6. Blokschema van het weergavesysteem. De correctie van het kleursignaal wordt uitgevoerd met behulp van het pilootsignaal. Beide geluidskanalen en de zendertrap voor het videosignaal zijn niet aangegeven.

mende speciale kleurfrequentie met deze hulpfrequenties ontstaat een PAL kleursignaal op de juiste frequentie en ontdaan van de fasefout $W_1 . \Delta t$:

$$A \cos \left(\pm W_x t + \varphi\right) = A \cos \left(W_x t \pm \varphi\right)$$

Van de keuzemogelijkheid $\pm \varphi$ wordt gebruik gemaakt om het probleem van de onderbroken omschakelsequentie van de (R-Y)-component bij stilstaand beeld op te lossen. Immers: wordt steeds hetzelfde beeld gerepeteerd dan zal deze sequentie beeldfrequent van fase omwisselen. Door nu na elke sprong naar een nabuurspoor tevens de andere hulpfrequentie te kiezen wordt voorkomen dat het trage regelsysteem, dat de (R-Y) omschakelsequentie in de kwadratuurdemodulator van de TV-ontvanger bestuurt, een abrupte 180° fasesprong te verwerken krijgt. Tenslotte wordt het gecorrigeerde kleursignaal opgeteld bij het helderheidssignaal. Het resulterende PAL videosignaal wordt daarna toegevoerd aan een zendertrap werkend in de UHF band. In de zendertrap wordt bovendien een geluidskanaal toegevoegd volgens omroepnorm zodat het complete signaal via de antenneingang door een standaard kleurenontvanger kan worden verwerkt.

Het hier beschreven systeem is aldus in staat binnen de beperkingen gesteld door beschikbare bandbreedte, asymmetrie in de spoorstructuur en tijdbasisfouten, een signaal weer te geven van redelijke kwaliteit geschikt voor een normale ontvanger. Zijdelings zij nog vermeld dat het systeem is uitgerust met een drop-out detectie- en correctieschakeling. De behaalde signaal-ruis verhouding van het gedemoduleerde videosignaal overtreft ruim de 40 dB ongewogen.

LITERATUUR

1) Van den Bussche, Hoogendijk, Wessels "Signaalverwerking bij het Philips 'VLP' systeem", Philips Tech. T. 33, 189, 1973, no. 7.

2) G.C. Kenney, A.H. Hoogendijk "Signal Processing for a video disc system (VLP)", IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR 20, 217 (1974), no. 3.

Artikel naar aanleiding van voordracht gehouden op 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

TOEPASSINGEN VAN HET VLP-MEDIUM

Drs. K. Compaan
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven

Inleiding

De opkomst van de beeldplaat heeft reeds vele pennen in beweging gezet. Ook over de mogelijke toepassingsgebieden is veel nagedacht en gefantaseerd. Het is duidelijk, dat de industrieën, die aan beeldplaatsystemen werken, hun grootste aandacht wijden aan de toepassingen in de amusementswereld. De beeldplaat, en de VLP-plaat in het bijzonder, is echter tot meer in staat dan alleen het weergeven van bewegende beelden. In het volgende wordt, uitgaande van een opsomming van VLP-plaat eigenschappen, wat nader ingegaan op enige specifieke toepassingsgebieden, om duidelijk te maken waarin het VLP-medium zich onderscheidt van andere audio-visuele media.

VLP-eigenschappen

De materialen, waarmee we het VLP-materiaal willen vergelijken, kunnen in twee groepen worden ondergebracht:

a. fotografisch, zoals diapositief, microfiche, microfilm, en de verschillende filmformaten (8, 16, 35, 70 mm);

b. magnetisch, zoals schijfgeheugen, computerband, videoband.

Natuurlijk zouden we hier nog papier e.d. kunnen toevoegen, maar we beperken ons in het volgende tot toepassingen, die ook verwezenlijkt kunnen worden met bovengenoemde materialen. Ieder materiaal heeft voor een bepaalde toepassing voor- en nadelen. Zo ook het VLP-materiaal, dat we in groep a. moeten plaatsen. Het is daarom nuttig, enige (voordelige) eigenschappen van het VLP-medium op een rijtje te zetten:

goedkope drager; goedkoop copieerproces
grote opslagcapaciteit; korte vindtijd
gemakkelijk te hanteren; weinig onderhoud
lange levensduur; slijtvast
weinig plaatsruimte
stilstaand beeld mogelijk
twee geluidskanalen naast beeld

Toepassingsgebieden

In grote lijnen kunnen we drie gebieden onderscheiden:

amusement, educatie en informatie-opslag.

Dikwijls zullen deze gebieden elkaar overlappen. Zo zullen programma's over houtbewerking, tuinonderhoud, huisonderhoud en dergelijke zowel onder amusement als onder educatie kunnen vallen. Soms zal de opzet van het programma hierover duidelijkheid verschaffen, maar dikwijls is dat niet het geval.

Amusement

Het amusementsgebied wordt op het ogenblik voornamelijk verzorgd door de televisie-omroep. Minderheidsgroepen zullen echter beter aan hun trekken komen met beeldplaten, zowel door de grotere vrijheid van programma keuze als door de vrijheid van tijdstipkeuze, iets waaraan men al met kabel-TV tegemoet tracht te komen.

Belangrijk voor de ontwikkeling van de amusementsmarkt kunnen de bibliotheken zijn. De controle op beschadiging van een VLP-plaat is nl. veel eenvoudiger dan van een film, een band of een grammofoonplaat. Bovendien zal men langere programma's (TV-series) vanwege de kosten liever lenen dan kopen.

Educatie

Hier kunnen we de volgende indeling maken:

a. illustratie bij lessen,

b. overdragen van vaardigheden, en

c. geprogrammeerd onderwijs.

Bij klassikaal onderricht worden hoofdzakelijk programma's uit groep a. gebruikt. Die van groep b. zijn meer geschikt voor individueel onderwijs, b.v. een talenprogramma, een programma over het omgaan met werktuigen, enz. Hiertoe behoren ook de hobby-programma's, b.v. over zeilen, over schaken, enz., als tenminste het leerelement belangrijker is dan het vermaakelement. Er is echter niets tegen het mengen van deze twee elementen in één programma.

Bij groep c. kan de individuele aanpak nog duidelijker aan de dag treden. Hier komt ook de wens naar voren om een leerlingreactie mogelijk te maken, bijvoorbeeld in de vorm van het beantwoorden van vragen. De VLP-speler moet daartoe uitgevoerd worden in de vorm van een "teaching machine", voorzien van speciale toetsen om een meerkeuzevraag te kunnen beantwoorden. Nadat de machine een vraag heeft gesteld (auditief of visueel) wordt een stilstaand beeld gepresenteerd met enige mogelijke antwoorden.

Na indrukken van de gekozen antwoordtoets gaat de machine automatisch naar een nieuw adres in het programma, passend bij het gegeven antwoord. Hierop zijn vele variaties mogelijk, maar het technische principe blijft gelijk.

Verder zijn er toetsen nodig om "random access" mogelijk te maken. Ieder beeld in een programma is nl. voorzien van een adres. Wanneer men op een bepaald punt in het programma wil beginnen, kan men dit doen door het bijbehorende adres te "kiezen". Dit adres is bijvoorbeeld bekend uit de inhoudsopgave op de hoes.

Een vervolmaking van dit systeem wordt geleverd door de VLP-speler te koppelen aan een computer: CAI (Computer Assisted Instruction). Hierdoor wordt het mogelijk de gegeven antwoorden te bewaren en de gang door het programma te koppelen aan reeds vroeger gegeven antwoorden.

Informatie-opslag

Het opslaan en snel terugvinden van grote hoeveelheden informatie is meestal gekoppeld aan het gebruik van een computer. Om het VLP-medium in dit toepassingsgebied als geheugen te kunnen gebruiken is het gewenst, dat er behalve een VLP-speler ook een VLP-opnemer beschikbaar komt. En wel gebruik makend van plaatmateriaal waarop de ingeschreven informatie direct na het schrijven leesbaar is, zg. DRAW-materiaal (Direct Read After Write). Nog liever heeft men materiaal, waarin men plaatselijk informatie kan vervangen door nieuwe informatie, maar deze eigenschap zal voorlopig wel voorbehouden blijven aan magnetisch materiaal.

Op het ogenblik worden massageheugens meestal gerealiseerd met behulp van microfilm, microfiche, computerband, videoband, magnetische schijven, en afgeleiden hiervan. De informatie kan in beeldvorm opgeslagen zijn, maar dikwijls ook in digitale vorm. Voor beide vormen van informatie-opslag is de VLP-plaat ideaal door zijn grote capaciteit: ca. 50.000 beelden of 10^{10} bits.

Waar heeft men behoefte aan een massaal geheugen met "direct access"?
Hier enige voorbeelden ter toelichting.
Creditcard company. Van alle lopende rekeningen moet een copie bewaard worden. Zo gaan er in een centrale van een grote creditcard company zo'n honderd miljoen rekeningen per maand door de molen. Als deze rekeningen een standaard formaat hebben, kunnen ze digitaal worden verwerkt, anders moeten ze als beeld worden opgeslagen, wat nu meestal op 16 mm-filmrollen gebeurt.
Ziekenhuisarchief. Een soortgelijk probleem bestaat bij het opbouwen van een ziekenhuisarchief, vooral van een landelijke centrale. De hoeveelheid informatie, die snel beschikbaar moet zijn, kan zowel in digitale vorm worden opgeslagen (teksten), als in beeldvorm (röntgenfoto's).

In tegenstelling tot het vorige voorbeeld wordt hier ook nog een lange levensduur geeist. Daarom wordt op het ogenblik voornamelijk microfilm (en afgeleide systemen) gebruikt, en niet magneetband.
Bibliotheek. Hier moeten copieën van boeken en tijdschriftartikelen worden bewaard. Bovendien is het gewenst, dat het copiëren ten behoeve van een klant geautomatiseerd kan worden. Behalve in beeldvorm (microfiche) wordt er daarom ook steeds meer digitaal opgeslagen. Alleen al ten behoeve van de medische literatuur worden er honderdduizenden bladzijden per jaar opgeslagen. Voor het VLP-medium zijn er dan ook twee mogelijke toepassingen. Ten eerste een plaat met gecodeerde informatie om snel een lijst van auteurs en artikelen over een bepaald onderwerp te kunnen produceren. En ten tweede een groot aantal platen, waarop al die artikelen te vinden zijn, waarvan dan een hardcopy gemaakt kan worden.
Archief. En dan tenslotte de grote archieven. Hier spelen levensduur en ruimte een grote rol. Bovendien moet het opslagmedium makkelijk hanteerbaar en niet makkelijk beschadigbaar zijn, bijv. tijdens het copiëren voor een klant. Verder moet er niet aan vochtigheid en temperatuur gedacht hoeven te worden bij het bewaren en/of het verzenden van een copie. Aan al deze eisen voldoet fotografisch materiaal, en ook VLP-materiaal, maar niet computerband, dat de laatste tijd meer en meer gebruikt wordt, omdat de archieven overstelpt worden met materiaal in digitale vorm, dus makkelijk door een computer te verwerken. Bijvoorbeeld statistisch materiaal voor stedenplanning, meetresultaten van milieubewakingsapparatuur, satellietgegevens. Men schat dat in 1990 er 10^{14} bits informatie per jaar op aarde stroomt uit satellieten. Dat vertegenwoordigt een miljoen rollen magneetband ieder jaar. Dit getal kunnen we door honderd delen als we aan VLP-platen denken. En wat ruimteverslinding betreft, wordt dit getal nog gunstiger. Maar ook 10^4 platen per jaar kan men met recht nog een "informatie-explosie" noemen.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn geworden, dat de toepassingsgebieden educatie en informatie-opslag in de toekomst een grote rol kunnen spelen in de ontwikkeling van het VLP-medium.

Voordracht gehouden 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

DE DETECTIE VAN POSITIONERINGSFOUTEN

Dr.Ir. J.J.M. Braat
Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Optical read-out of the disc asks for optical tracking of the information-carrying spiral in the radial and vertical direction. In order to satisfy these two demands, servo-systems are used for the vertical and horizontal positioning of the read-out light spot. Each servo-system needs an input signal that defines the sign and the size of the error to be corrected. Some examples of optically generated position-error signals will be given.

De optische uitlezing van het in het kuiltjespatroon opgeslagen hoogfrequente televisiesignaal kan slechts optimaal geschieden indien aan twee nevenvoorwaarden wordt voldaan. De uitleesvlek moet precies midden op het informatiespoor gepositioneerd zijn en tijdens een omwenteling van de plaat ook perfekt gefocusseerd blijven in het vlak van de informatiestructuur. De toleranties op de juiste positionering zijn uiterst streng.

De toleranties in de radiële positionering ten opzichte van het spoormidden worden hoofdzakelijk bepaald door de hoeveelheid overspraak van naburige sporen, die nog toegestaan mag worden. Bij een onderlinge afstand van de sporen van 1,6 μm en een toegestaan overspraakniveau van -35 dB is het gewenst dat de radiële afwijkingen niet meer bedragen dan:

$$\Delta r \leqslant 0.3\,\mu m$$

Ten aanzien van de verticale positie mag gesteld worden dat de uitleesvlek zich niet verder van de ideale focusinstelling mag verwijderen dan over een afstand, die gegeven wordt door de scherpte-diepte $\Delta_s z$ van het objectief. Wordt deze grens overschreden, dan verslechtert de optische overdrachtskarakteristiek aanzienlijk. Voor de scherptediepte $\Delta_s z$ van een door een ideale lens gevormde afbeelding geldt

$$\Delta_s z = \pm \frac{\lambda}{2(\sin u)^2} \qquad (1)$$

waarbij λ de golflengte van het gebruikte licht en u de openingshoek van het objectief is.

De in de praktijk gebruikelijke waarden geven

$$\Delta_s z = \pm 2\,\mu m$$

De problemen die zich voordoen wanneer de optredende horizontale en verticale afwijkingen binnen bovenvermelde grenzen teruggebracht moeten worden, zullen in het artikel over servosystemen behandeld worden. Allereerst moeten foutsignalen opgewekt worden, die het teken en de grootte bevatten van de horizontale en verticale afwijkingen van de ideale positie van de uitleesvlek.

1. DE AFLEIDING VAN EEN RADIËEL FOUTSIGNAAL

De na reflektie aan de plaat via het objectief terugkerende gemiddelde hoeveelheid licht vertoont fluctuaties als functie van de positie van de uitleesvlek ten opzichte van de sporen. Indien een kuiltje zodanig gedimensioneerd is dat de door het objectief terugkerende lichtintensiteit na buiging aan het kuiltje vrijwel 0 is, dan zal bij het uitlezen van een reeks van dergelijke kuiltjes de genormeerde gemiddelde lichtintensiteit op de detector ongeveer gelijk zijn aan 0,5. Tussen twee sporen in zal de gemiddelde lichtintensiteit vrijwel 1,0 kunnen worden. Fig. 1a, b illustreert dit verschijnsel voor verschillende afstanden q tussen de sporen.

Indien de uitleesvlek zich in radiële richting beweegt, zijn de laagfrequente variaties van de detectorstroom evenredig met:

$$i_r \triangleq 1 - m \cos\left(\frac{2\pi \Delta r}{q}\right) \qquad (2)$$

Uit dit signaal is nog geen informatie af te leiden omtrent het teken van Δr. Deze informatie kan echter verkregen worden door het

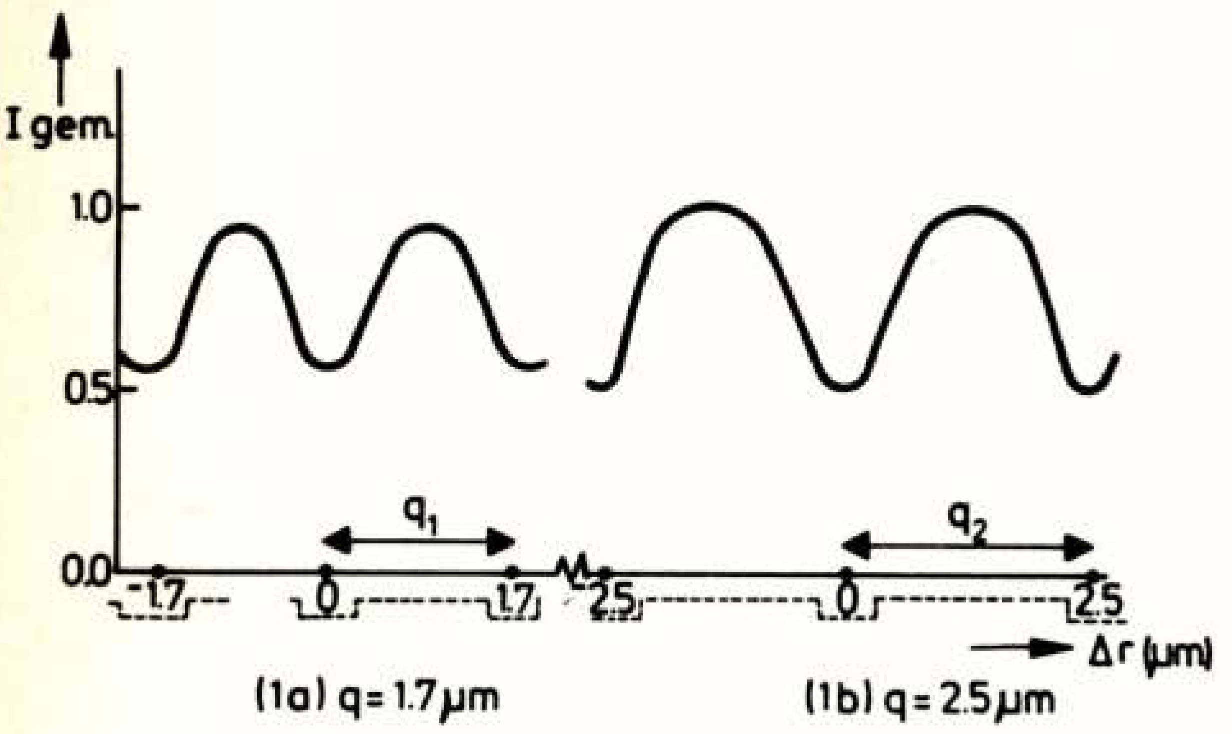


Fig. 1a, b. De gemiddelde intensiteit van het uitgelezen signaal als functie van de radiële positie van de uitleesvlek voor verschillende spoorafstanden.

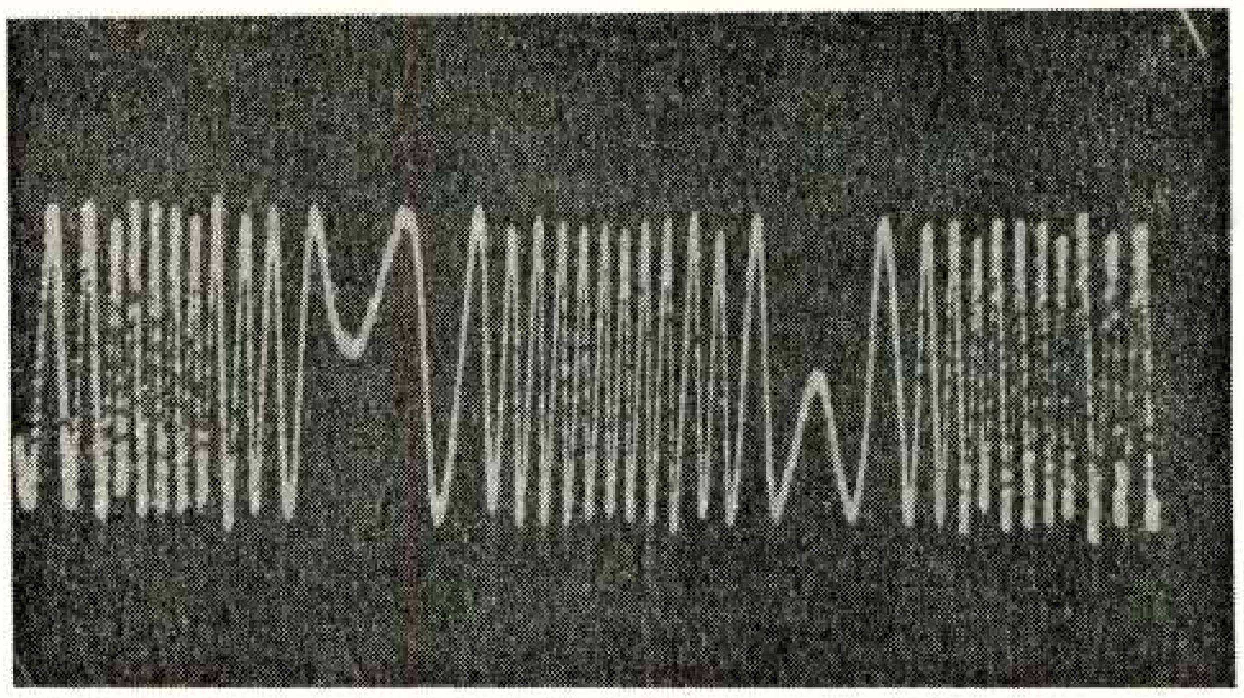


Fig. 1c. Het radiële foutsignaal S_r bij een ronddraaiende plaat. Het servosysteem is niet ingeschakeld en de optredende afwijkingen van de uitleesvlak ten opzichte van het spoormidden worden niet teruggeregeld. Tengevolge van de excentriciteit van de ingeschreven sporen ten opzichte van het middengat van de plaat en eveneens tengevolge van onrondheid van de sporen kruist de uitleesvlek meerdere sporen tijdens één omwenteling van de plaat.

signaal te differentiëren naar r. Het is mogelijk deze operatie langs optische weg uit te voeren door twee hulpuitleesvlekjes te introduceren, die gemaakt worden met een optisch raster[1]. De gemiddelde intensiteit van elk hulpvlekje wordt op een aparte detector gemeten en de zo ontstane signalen worden vervolgens van elkaar afgetrokken. Het door de verschilschakeling geleverde laagfrequente signaal S_r is evenredig met

$$S_r \triangleq \left\{ -\cos\left(\frac{2\pi\Delta r}{q} + \frac{2\pi a}{q}\right) + \cos\left(\frac{2\pi\Delta r}{q} - \frac{2\pi a}{q}\right)\right\}$$

(2a is de radiële afstand tussen de hulpvlekjes). Deze uitdrukking kan ook geschreven worden als:

$$S_r \triangleq \sin\left(\frac{2\pi a}{q}\right)\sin\left(\frac{2\pi \Delta r}{q}\right) \qquad (3)$$

Dit signaal (fig. 1c) is een oneven functie van Δr en kan aan een regelsysteem toegevoerd worden teneinde een opgetreden radiële uitwijking Δr terug te regelen. De amplitudefactor $\sin(\frac{2\pi a}{q})$ is maximaal indien a = q/4. De twee hulpvlekjes doorlopen dan, bij kleine veranderingen van Δr om de waarde nul, het steilste gedeelte van de krommen van fig. 1a, b.

Het verschijnsel dat de gemiddelde lichtintensiteit op de detector een functie is van de positie van de uitleesvlek ten opzichte van een spoor kan nog via een andere detectiemethode benut worden. Hierbij wordt, bijvoorbeeld met behulp van een trillende spiegel, de uitleesvlek met zeer geringe amplitude (0,1 μm) in radiële richting harmonisch bewogen. De hieruit resulterende variaties ΔI in gemiddelde lichtintensiteit zijn in figuur 2 aangegeven. Uit de figuur blijkt

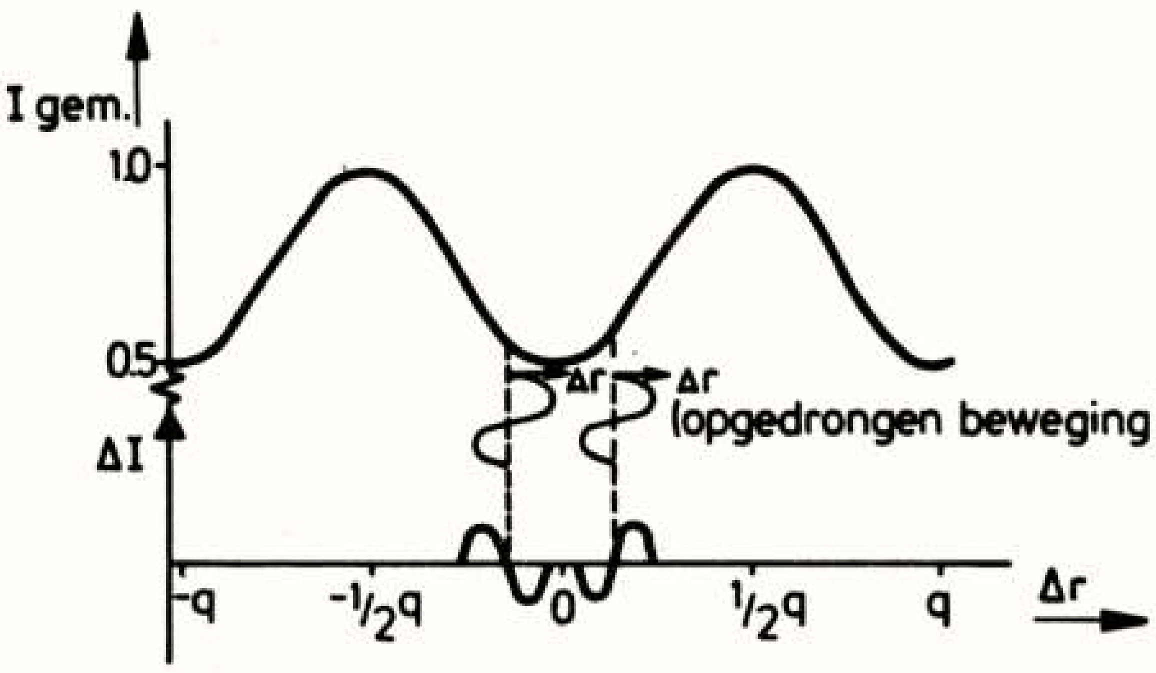


Fig. 2. Fasegevoelige detectie van veranderingen in het gemiddelde intensiteitsniveau van het uitgelezen signaal.

direct dat aan de ene zijde van het intensiteitsminimum de variaties ΔI in fase zijn met de spiegelbeweging, aan de andere zijde daarentegen in tegenfase. Door de fase van de

spiegelbeweging en de fase van de intensiteitsvariaties ΔI met elkaar te vergelijken kan weer een foutsignaal S'_{rad} afgeleid worden dat een oneven functie van Δr is.

Beide genoemde methodes blijken in de praktijk radiële foutsignalen te leveren met een voldoend hoge signaal-ruisverhouding om via een servosysteem de radiële uitwijkingen ruimschoots binnen de tolerantie van 0,3 µm te houden.

2. HET OPWEKKEN VAN EEN FOCUS-FOUTSIGNAAL

Een eerder aangeduide methode ter verkrijging van een focusfoutsignaal, waarbij de capaciteit gemeten werd van de smalle luchtspleet tussen het objectief en de aluminiumlaag van de VLP-plaat[1], is sinds de invoering van de doorzichtige beschermlaag verlaten.

Verschillende optische methoden zijn toepasbaar om door de beschermlaag heen de positie van de informatiestructuur te peilen. Als voorbeeld is in figuur 3 de mesproef van Foucault aangeduid. In de uit het objectief terugkerende bundel wordt ter plaatse van de afbeelding V' van de plaat een mes in de bovenste helft van de bundel geplaatst. In de omgeving van de afbeelding P' van de uit het objectief tredende bundel P wordt de lichtverdeling I in een vlak loodrecht op de optische as weergegeven door de kromme van figuur 3a[2]: de lichtverdeling is symmetrisch om de optische as. Bevindt de plaat zich te dicht bij het objectief dan zal de onderste helft B van de afbeelding P' donker worden. Aan de andere zijde van de ideale focusinstelling zal juist de helft B door de terugkerende bundel verlicht worden. Door boven en onder de optische as aparte detectoren te plaatsen en vervolgens het verschil van de hierop vallende lichtintensiteiten te bepalen ontstaat een foutsignaal I_f dat een oneven functie van de focusfout is. In deze vorm is de methode niet erg praktisch, aangezien de positionering van het mes ten opzichte van de terugkerende bundel erg delicaat is: het mes zou bij een geringe dwarsverplaatsing de hele bundel onderscheppen.

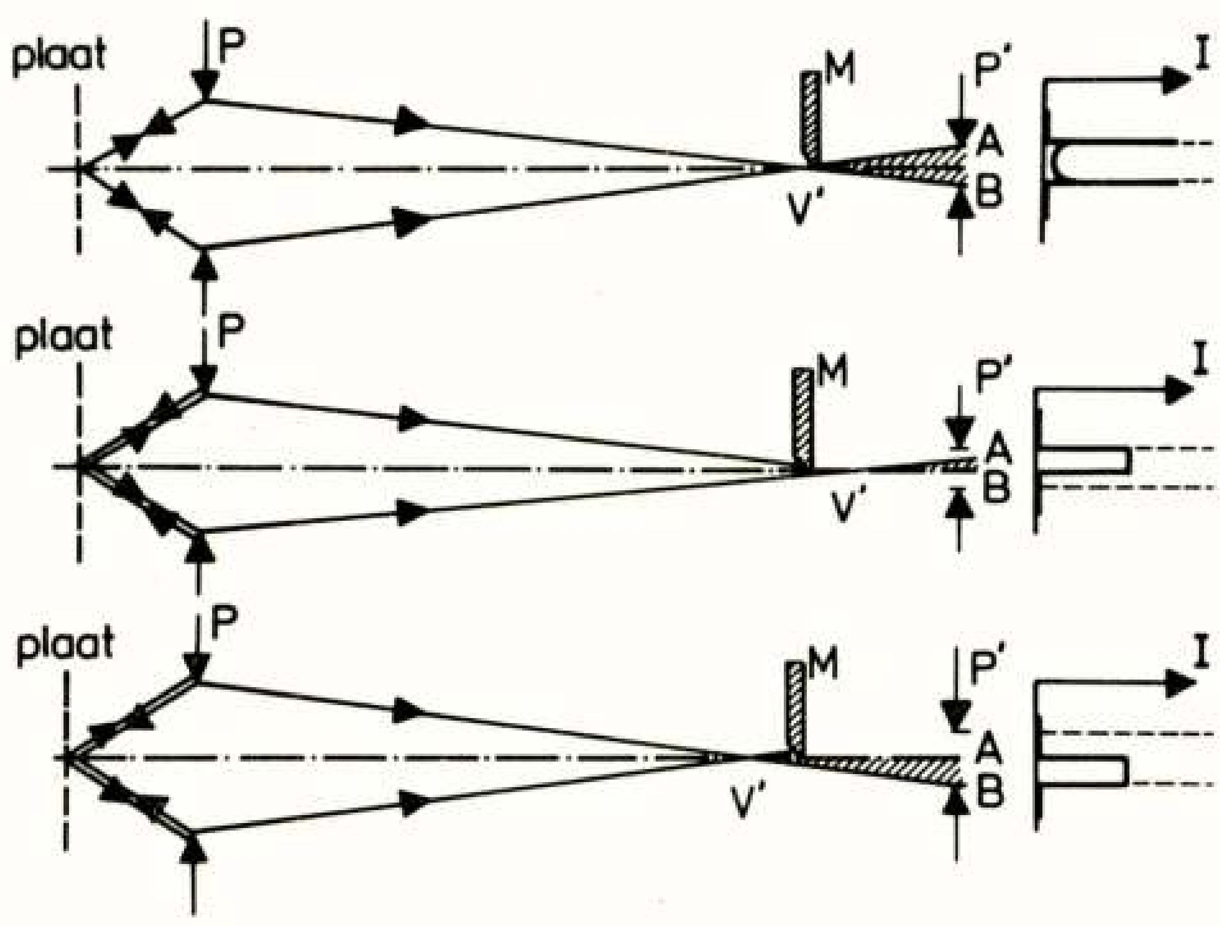


Fig. 3. De Foucault mesproef en de afleiding van een focusfoutsignaal. De binnenkomende bundel is terwille van de duidelijkheid niet in zijn geheel aangegeven. In de eerste figuur is de situatie weergegeven waarbij de afbeelding V' van de plaat zich precies ter plaatse van de mesrand bevindt. Wordt de plaat dichter bij het objectief gebracht, dan zal de afbeelding V' van de plaat zich van het objectief af bewegen (tweede figuur). In de derde tekening is de situatie weergegeven, waarbij de afbeelding V' gevormd wordt vóór de mesrand, omdat de plaat zich van het objectief verwijderd heeft. De verplaatsing van de plaat wordt $(2N^2)$-maal versterkt teruggevonden in de verplaatsing van de afbeelding V' (N is de vergroting van het objectief).

In figuur 4 is dit bezwaar ondervangen door in plaats van een mes een prisma met een grote tophoek bij V' te plaatsen. Het prisma breekt de optische as in twee deelassen en er ontstaan nu twee afbeeldingen P_1' en P_2'. Voor de afbeelding P_1' fungeert de bovenzijde van het prisma als mesrand, voor de afbeelding P_2' daarentegen moet men zich het mes samenvallend

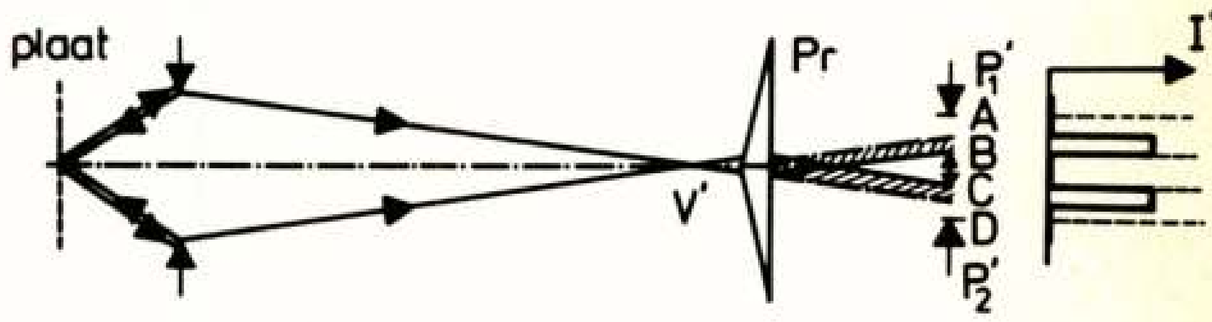


Fig. 4. Gewijzigde uitvoering van de Foucaultproef waarbij het mes vervangen is door een prisma.

denken met de onderzijde van het prisma. Het optische foutsignaal I_f is nu tweemaal aanwezig.

Door 4 detectoren te gebruiken, samenvallend in positie met de gebieden A, B, C en D kan een foutsignaal I_f' afgeleid worden volgens

$$I_f' = (I_A + I_D) - (I_B + I_C) \qquad (4)$$

De toleranties op de positie van de brekende ribbe van het prisma zijn minder streng dan de mestoleranties: bij een dwarsverplaatsing van de ribbe wordt alleen de gevoeligheid geringer maar ontstaat geen systematische fout in de bepaling van Δz. Het signaal I_f' kan gebruikt worden om via een regelsysteem de verticale positie van het uitleesobjectief te variëren als functie van de positie van de plaat. In figuur 5 is het verloop van I_f' als functie van de defocussering Δz weergegeven. Men ziet dat bij een

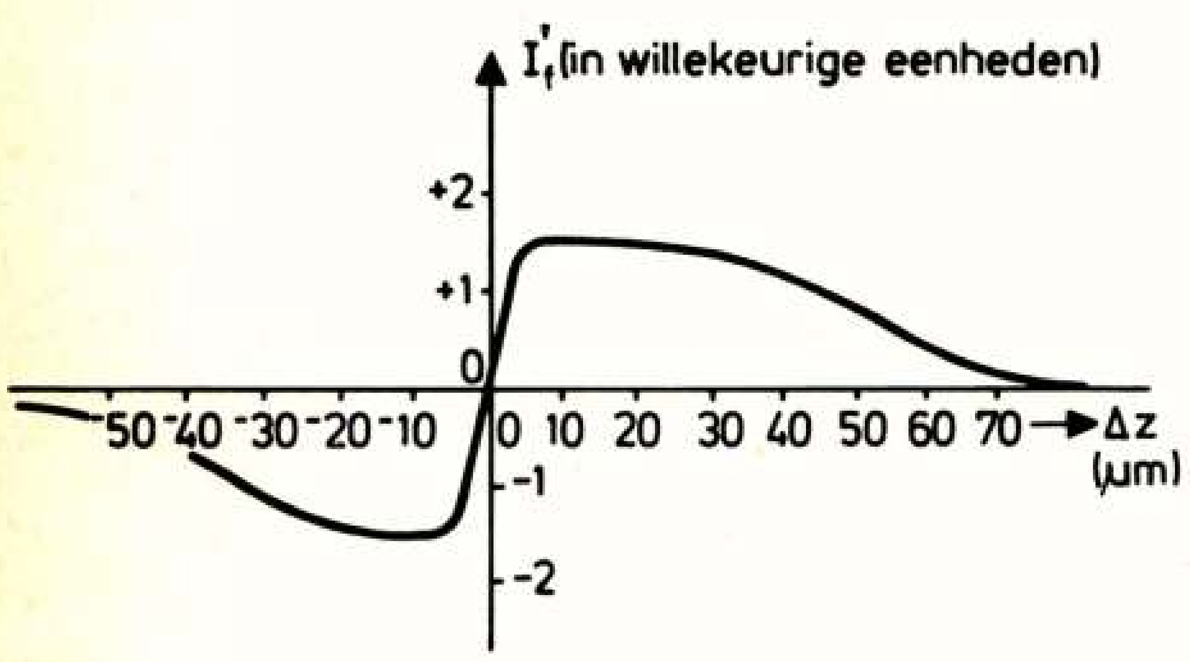


Fig. 5. Het focusfoutsignaal als functie van de defocussering Δz.

axiale verplaatsing Δz van ongeveer 12 μm het signaal omslaat van de maximaal positieve naar de maximaal negatieve waarde. De helling van I_f' in de omgeving van de ideale focusinstelling is voldoende steil om via het regelsysteem de optredende defocussering te beperken tot waarden, die kleiner zijn dan de scherptediepte van het uitleesobjectief.

(1) G. Bouwhuis en P. Burgstede, Philips Techn. Rev. 33 186 (1973).
(2) O. Dupuy, Rev. d'Optique, 43, 217 (1964).

Voordracht gehouden 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

DE SERVOSYSTEMEN

Ir. K.A. Immink
Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Due to the contactless reading of a videodisc servosystems are needed to follow the information track. We distinguish between the radial and focus-servo. The dynamic properties of the control systems are studied on the basis of Bodeplots.

INLEIDING

De wens om optisch een videoplaat uit te lezen in plaats van bijvoorbeeld mechanisch, zoals bij een audioplaat, leidt tot servosystemen, die tot taak hebben de uitleesinrichting het informatiespoor op de juiste wijze te laten volgen. We onderscheiden de focusseer- en radiële regeling. Deze regelingen zorgen ervoor, dat de uitleesvlek op de plaat gefocusseerd wordt resp. in radiële richting het spoor volgt.

De eisen, die aan de servo's gesteld worden zijn vrij hoog. In verticale richting moet de uitleesvlek binnen 2 μm in focus zijn. In radiële richting is de positioneringseis 0.3 μm.

DE FOCUSSEERREGELING

In fig. 1 is een blokschema getekend van de focusseerregeling. De detector levert een electrische spanning evenredig met de focusseerfout. Het detectorsignaal wordt versterkt en na frequentie-compensatie toegevoerd aan de objectief aandrijving. Deze aandrijving is te vergelijken met het electro-mechanisch gedeelte van een luidspreker.

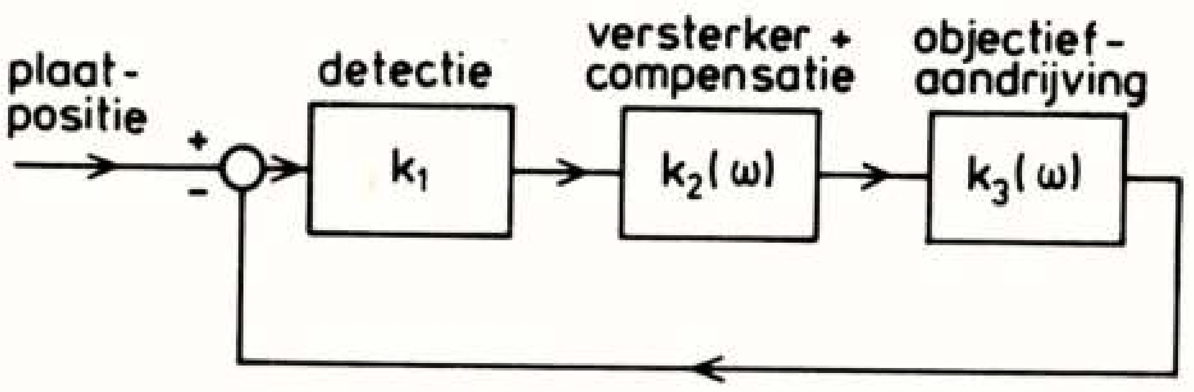


Fig. 1. Blokschema van de focusseerregeling

De dynamische eigenschappen van het servosysteem kunnen we aan de hand van het (amplitude) Bode-diagram bestuderen (fig. 2).

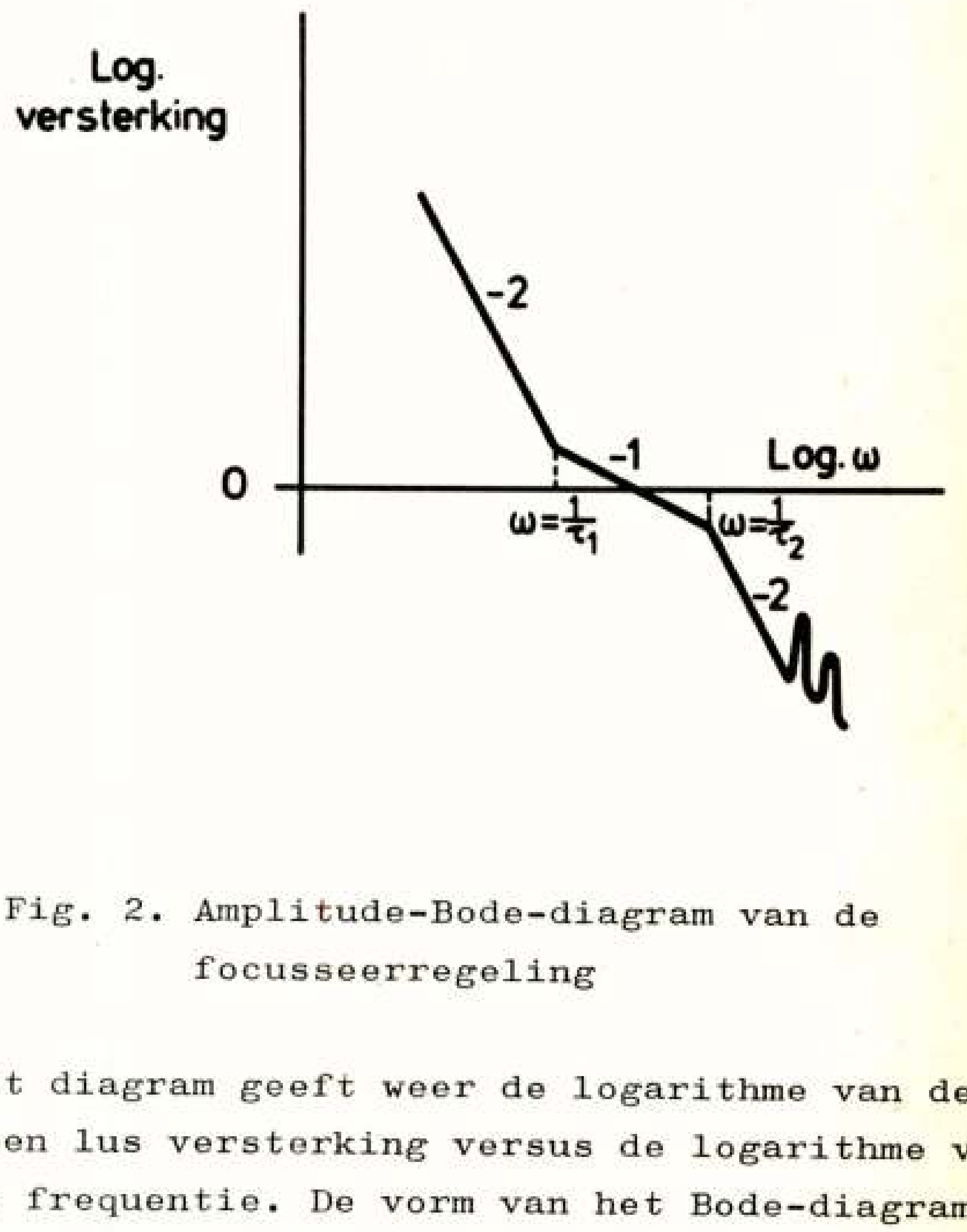


Fig. 2. Amplitude-Bode-diagram van de focusseerregeling

Dit diagram geeft weer de logarithme van de open lus versterking versus de logarithme van de frequentie. De vorm van het Bode-diagram wordt voornamelijk bepaald door de overdrachtsfunctie van de aandrijving. Deze gedraagt zich, daar veerkracht en wrijving te verwaarlozen zijn, als dubbel-integrator. D.w.z. indien de aandrijving geëxciteerd wordt door een sinusvormig in de tijd verlopende stroom, dan zal de amplitude van de objectief beweging afnemen met het kwadraat van de frequentie van de stroom. In het Bode-diagram levert dit een rechte lijn op met helling -2.

In de buurt van frequenties, waar de open-lusversterking één is ($1/\tau_1 < \omega < 1/\tau_2$),

heeft het frequentiecompensatie netwerk een versterking, die toeneemt met de frequentie. Hierdoor verandert de helling van de grafiek in -1. Deze ingreep is nodig om het teruggekoppelde systeem voldoende demping te geven.

In formule vorm kunnen we de open lus overdrachtsfunctie schrijven als:

$$H_{open}(j\omega) = \frac{k_1}{\omega^2} \cdot \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau_2} \quad (1)$$

waarin $H_{open}(j\omega)$: de open lus overdrachtsfunctie

ω : de (cirkel)frequentie

τ_1, τ_2 : tijdconstanten

k_1 : konstante

Bij hogere frequenties ($\omega > 1/\tau_2$) treden een aantal parasitaire resonanties op. Deze worden veroorzaakt door de constructie van de objectiefaandrijving. De maximale bandbreedte, die we kunnen bereiken wordt bepaald door deze resonanties en dus door de kwaliteit van de constructie van objectief, motor en ophanging van het geheel.

De bandbreedte, die we bereiken in praktische situaties, is 3 à 4 kHz, zodat een rondgaande versterking van ongeveer vijfduizend maal bij 25 Hz (de rotatiesnelheid van de plaat) bereikt wordt met de onderhavige mechanische constructie. Indien nu een plaatafwijking optreedt in verticale zin met een amplitude van 1 mm bij 25 Hz, dan zal de afwijking tussen plaat en objectief binnen 0.2 µm van de nominale afstand gereduceerd worden.

DE RADIËLE REGELING

In fig. 3 is het blokschema van het radiële volgsysteem geschetst. De detector levert een electrische spanning evenredig aan de afwijking tussen de middens van uitleesvlek en spoor. Het signaal wordt versterkt en toegevoerd aan een frequentie-compensatie netwerk. Dit netwerk is nodig om het teruggekoppelde systeem voldoende demping te geven. Het electromechanisch gedeelte van de regellus vertoont grote gelijkenis met een spiegelgalvanometer.

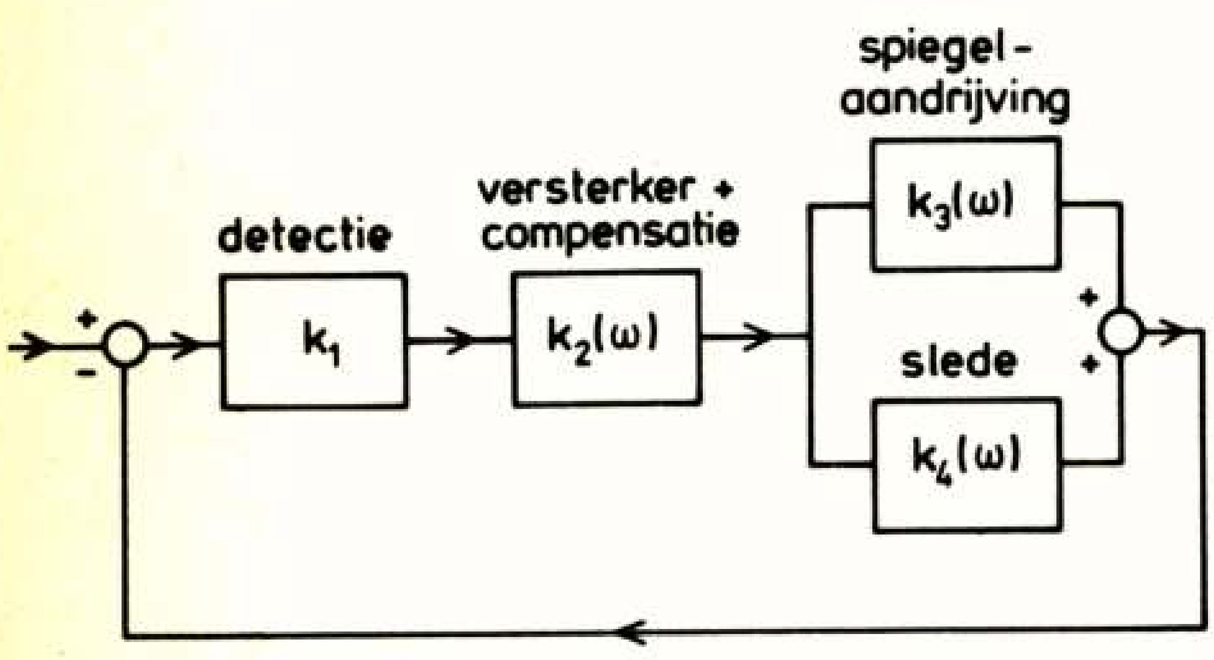


Fig. 3. Blokschema van de radiële regeling

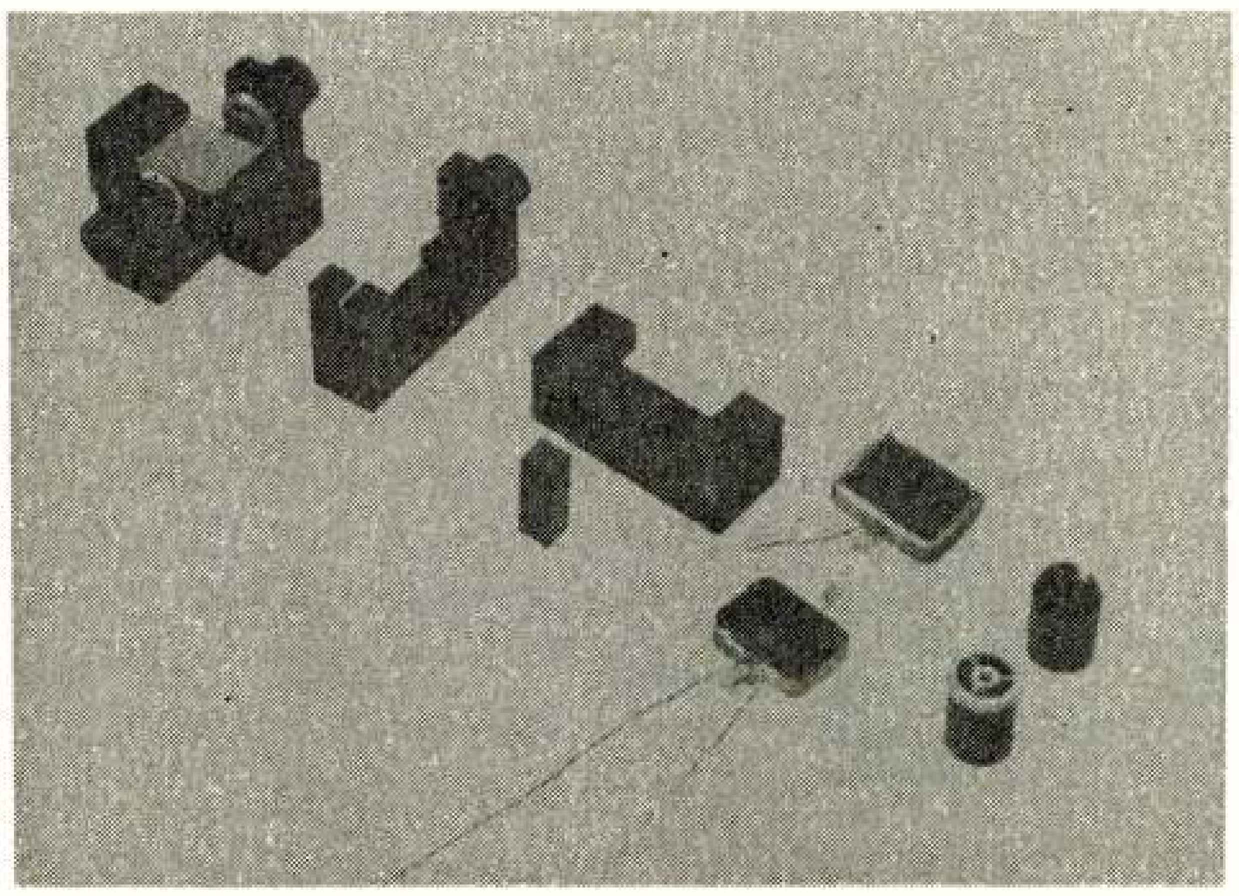


Fig. 4. Onderdelen van de spiegelaandrijving. Links boven is de gemonteerde constructie weergegeven

In fig. 4 zijn de verschillende onderdelen van de spiegelaandrijving weergegeven. De spoel en magneetjes kunnen we hier duidelijk herkennen. Om enig idee te krijgen van de afmetingen: lengte en breedte van de spiegel zijn 10 resp. 7 mm.

Een stroom toegevoerd aan het spiegelsysteem, zal de spiegel een hoekverdraaiing geven, waardoor de uitleesvlek in radiële richting zal bewegen.

De spiegelconstructie is gemonteerd op een slede, daar het gezichtsveld van de spiegel, tengevolge van de eindige grootte van het objectief, beperkt is. De slede wordt aangedreven door een DC-motor, waarvoor het benodigde signaal wordt afgeleid van de detector.

De afwijkingen, die de servo moet reduceren worden voornamelijk veroorzaakt door onrondheid van de sporen en excentriteit van de plaat.

Het Bode-diagram van de open-lusversterking is in fig. 5 weergegeven. Voor frequenties $\omega < 1/\tau_3$ wordt de vorm van de grafiek grotendeels bepaald door de overdrachts-

functie van de spiegelaandrijving. Dit massaveersysteem vertoont een resonantie bij een relatief lage frequentie ω_0 ($<$ 100 Hz). Voor $\omega_0 < \omega < 1/\tau_3$ is de helling van de grafiek gelijk aan -2.

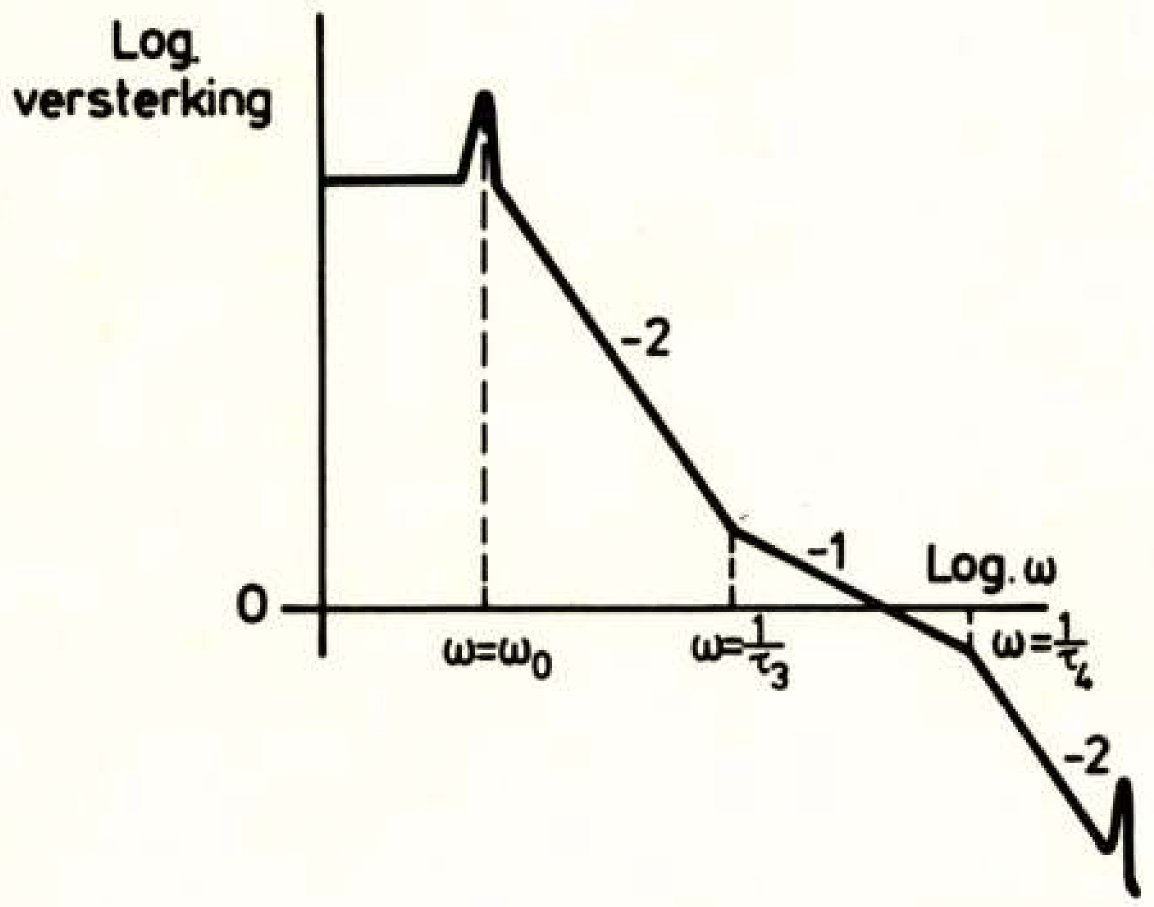


Fig. 5. Amplitude-Bode-diagram van de radiële volging

Om het teruggekoppelde systeem voldoende demping te geven, verandert het frequentie compensatie netwerk, in het gebied $1/\tau_3 < \omega < 1/\tau_4$, de helling van de grafiek in -1.

In formulevorm is dit te schrijven als:

$$H_{open}(j\omega) = \frac{k_2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega_0\omega/Q} \cdot \frac{1 + j\omega\tau_3}{1 + j\omega\tau_4} \qquad (2)$$

waarin ω_0, Q: de resonantiefrequentie resp. kwaliteit van de resonantie

τ_3, τ_4 : tijdconstanten

k_2: constante

Bij frequenties groter dan $1/\tau_4$ wordt het gedrag bepaald door een aantal ongewenste resonanties veroorzaakt door de constructie van de spiegelaandrijving. Deze bepalen, net als bij de focusseerregeling, de maximale bandbreedte, die we met het geheel kunnen realiseren.

Een praktijkwaarde is een bandbreedte van ca. 4 kHz. Dit komt overeen met een reductie van 5000 maal van afwijkingen tussen uitleesvlek en spoor met een frequentie van 25 Hz.

Voordracht gehouden 10 december 1974 op het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips te Waalre tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 242), en de Benelux Section IEEE.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. H.B. Groen, van Hasseltlaan 640, Delft.
Ir. G.J.H. van Oort, Annahoeve 21, Gouda.

Nieuwe leden

Ir. R.Dufour, Verwerstraat 42, Breugel N.B.
Dr. P. Inia, Harlingerstraatweg 29, Leeuwarden.
Ir. Th.J. van Kessel, Hazelaar 122, Geldrop.
Ir. G.C.M. Meijer, Sweelinckstraat 13, Berkel en Rodenrijs.
Ir. H.J. Sanderson, Dennenlaan 4, Nuenen N.B.
Ir. R.C. Strato, Hekendorpse Buurt 47, Hekendorp, post Oudewater.

Nieuwe adressen van leden

Ir. F.J. van Hutten, Erasmusweg 15, Noordwijk/Zee.
Ir. Tj. van der Meulen, Co Bremanlaan 18, Laren N.H.
Ir. H. Ontrop, Gestelsestraat 128, Eindhoven.
F.J. Soede, c/o UNIDO, P.O.BOX 837, A-1011 Vienna, Austria.
Ir. L. van den Steen, Croesingkplein 103, Zoetermeer.
Ir. F.S. de Wolf, Raadhuislaan 36, Eemnes, post Baarn.

Contributie

De contributie over 1976 bedraagt f 45.--. Wilt U dit bedrag overmaken op gironummer 94746 t.n.v. de penningmeester NERG te Leidschendam.

de penningmeester.

F.I.E (Formation inter Entreprises) organizes from Monday, January 12th to friday January 16th at the "Salons" of the Pavillon Dauphine, PARIS, lecture series on pulse compression.

These lectures are headed by Michel Henri CARPENTIER, Technical Director of THOMSON/CSF, assisted by François MAGNE, armement engineer.

The aim of the lecture series is to present the whole theory and to illustrate this matter with many an example chosen for either its originality or its difficulty, its different aspects in concepts as well as technology, will be studied.

Information about organization and participation fees to the lectures can be obtained at the main office of the F.I.E. - 141, avenue de verdun - 92130 - ISSY LES MOULINEAUX; Phone 736-34-97.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 40 - nr. 6 - 1975

druk: HET ZUIDEN Eindhoven